

Langzeiteffekte der „Theory of Games and Economic Behavior“

– Zur Anwendung der Spieltheorie in den (Sozial-)wissenschaften –

von

Werner Güth und Hartmut Kliemt

1. Einführung

Durch John von Neumanns und Oskar Morgensterns epochales Werk „Theory of Games and Economic Behavior“, ist die Mathematisierung in der Sozialtheorie entscheidend vorangebracht worden. Erstaunlich an diesem Buch ist, daß es ohne umfassende Vorarbeiten gleichsam „aus dem Stand“ heraus eine systematische Behandlung verschiedenster Fragen sozialer Interaktion aus einer einheitlichen Rationalwahlperspektive liefert. Wo sich andere Theorien allmählich und tastend aus ersten Anfängen entwickelten, da begann die Spieltheorie mit einem großen Wurf. Heute bildet sie zusammen mit der modernen Entscheidungstheorie für die Sozialtheorie eine Art moderner „lingua franca“, die Wissenschaftler über Disziplin- und Ländergrenzen hinweg miteinander verbindet.

Die Spieltheorie ist vor allem ein konzeptueller Rahmen, ein Begriffsnetz, das wir auswerfen können, um augenscheinlich unterschiedliche Phänomene abbilden, als strukturell verwandt erkennen und mit allgemeinen Methoden bearbeiten zu können. Es ist das große Verdienst von Neumanns und Morgensterns, neue Abstraktionen und Idealisierungen vorzuschlagen, die es erlauben, für bis dahin allein qualitativ und umgangssprachlich erfaßbare Phänomene präzise Modelle zu formulieren. Zugleich greifen sie auf klassische Konzepte zurück wie das eines „ideal-typischen“ Homo oeconomicus, dessen (kognitive) Fähigkeiten die eines „real-typischen“ Homo sapiens bei weitem überschreiten. Insgesamt geht es ihnen darum, die „Situationslogik“ sozialer Interaktionen auf der Grundlage eines Idealtypus menschlichen Verhaltens zu „verstehen“ und ggf. bestimmte Verhaltensweisen aus der „Logik der Situation“ zu erklären.

Indem sie neue Forschungsfragen und inspirierende Paradigmen (zum Beispiel das Gefangenendilemma bzw. das Konzept der Koalitionsspiele) bereitgestellt hat, trug die Spieltheorie über Disziplinengrenzen hinweg fundamental zur Sozialtheorie bei. Eine wirklich allgemeine und erklärungskräftige Sozialtheorie zu formulieren, bleibt aber auch nach dem Aufstieg der Spieltheorie ein unerfülltes Desiderat. Denn die Spieltheorie erfüllt zwar aufgrund ihrer mathematischen Form und weiten Anwendbarkeit auf soziale Interaktionen beliebiger Art Allgemeinheitsansprüche, bietet aber als solche gewiß keine realwissenschaftlichen Erklärungen. Im folgenden werden wir deshalb vor allem die sogenannte „normative Spieltheorie“ behandeln.¹ Mit dem Ausdruck „normative Spieltheorie“ wollen wir

¹ Die beiden Hauptaufgaben der „normativ“ verstandenen Spieltheorie sind es, idealtypische Situationen sozialer Interaktion mathematisch exakt zu beschreiben und (mathematisch formulierbare) Lösungskonzepte für die so beschriebenen „Spiele“ zu entwickeln. Man könnte im Prinzip den Beitrag der Spieltheorie zur Rekonstruktion von Interaktionssituationen von ihren Lösungskonzepten trennen. So bedient man sich in den experimentellen Sozialwissenschaften, die eher dem Ziel der realwissenschaftlichen Erklärung verpflichtet sind, häufig

im Gegensatz zum üblichen philosophischen – methodologisch saubereren – Wortgebrauch gerade keine Einschränkung auf die Begründung von Normen vornehmen.² Den Ausdruck „normativ“ verwenden wir vielmehr in der unter Ökonomen gebräuchlichen Weise, um darauf zu verweisen, daß sich die (Haupt-)Variante der Spieltheorie idealisierender Abstraktionen bedient.

Die Sozialwissenschaften, falls nicht explizit etwas anderes gesagt wird, werden im folgenden stets als idealtypisch orientierte Disziplinen begriffen und in diesem Sinne „normativ“ interpretiert. Die realtypische Perspektive, die in der modernen entscheidungslogisch fundierten Sozialwissenschaft ungeachtet aller anderslautenden Absichtserklärungen keineswegs dominant ist, werden wir nur am Rande in Form realwissenschaftlich orientierter Anwendungen spieltheoretischer Konzepte als „deskriptive Spieltheorie“ behandeln. Persönlich würden wir einer realwissenschaftlichen und in diesem Sinne realistischen Neuorientierung der Sozialwissenschaft das Wort reden. Tatsächlich könnte es einen geradezu paradoxen Langzeiteffekt der Spieltheorie darstellen, daß sie, indem sie bestimmte Idealisierungen auf die Spitze treibt, eine grundlegende Neuorientierung insbesondere der Ökonomik fördert. Denn die Präzision der spieltheoretischen mathematischen Formulierungen legt den weitgehend kontrafaktischen, d. h. mit den Fakten und realen Verhaltensgesetzen unvereinbaren Charakter der entscheidungslogisch fundierten Rationalwahl-Modelle schonungslos offen.³

Der eigentliche wissenschaftliche Wert der normativen Spieltheorie kann im Lichte des vorangehenden unserer Auffassung nach nicht in einem im engeren Sinne realwissenschaftlichen Erklärungsbeitrag liegen, sondern nur in ihrer heuristischen und inspirierenden Rolle. Wir werden im weiteren daher vor allem auf (Bei-)Spiele und deren Einfluß auf verschiedene Disziplinen eingehen. Es sind nämlich diese Paradigmen (hier im Sinne exemplarischer Problemformulierungen), die vor allem prägend auf die verschiedensten Teildisziplinen der Sozialtheorie wirkten.⁴

2. Philosophie

spieltheoretischer Interaktionsbeschreibungen, obwohl man die spieltheoretischen Lösungskonzepte als nicht anwendbar oder als empirisch falsch betrachtet.

² In den Wissenschaften im allgemeinen und den Sozialwissenschaften im besonderen spielen drei Problemzugänge, der deskriptiv-erklärende, der wertend-normative und der begrifflich-analytische eine Rolle. Alle Wissenschaften bedienen sich in Verfolgung dieser drei Strategien bestimmter Techniken *idealisierender Abstraktion*. Diese Methode hat an sich mit einer normativ-wertenden Ableitung oder Begründung von Normen nichts zu tun. Leider hat sich jedoch in der Ökonomik und Spieltheorie die Praxis eingebürgert, von „normativer“ Betrachtung zu sprechen, wenn immer es um idealtypische im Gegensatz zu realtypischen Analysen geht.

³ Die Spieltheorie wurde maßgeblich von genialen Mathematikern, wie zum Beispiel John von Neumann, Abraham Wald und John F. Nash entwickelt und inspiriert. Sie ist seither auch Gegenstand der Mathematik und mag über die „mathematische Theorie der Spiele“ hinaus inspirierend für die Mathematik (zum Beispiel im Sinne neuer oder allgemeinerer Fixpunktsätze, vgl. zum Beispiel Burger 1966) gewesen sein, was hier nicht erörtert werden soll.

⁴ Anstatt verschiedene Arten der Spielbeschreibung (das sind die sogenannten Spielformen wie die extensive Form, das Stufenspiel, die (Agenten)Normalform, die charakteristische Funktionsform) und die vielfältigen Lösungskonzepte hierfür abstrakt vorzustellen, werden wir also einfach für die einzelnen Teildisziplinen der Sozialwissenschaften anschauliche (Bei-)Spiele diskutieren. Da die Darstellung des Spiels sowie seine Lösung jeweils konkret erläutert werden, wird die Gesamtheit der (Bei-)Spiele vermitteln, wie grundsätzlich Spiele dargestellt und gelöst werden.

Recht bald nach Erscheinen der „Theory of Games“ veröffentlichte der Philosoph Braithwaite im Jahre 1955 sein Buch „Theory of Games as a Tool for the Moral Philosopher“ (vgl. Braithwaite 1969/1955). Dieses relativ schmale Werk verschaffte der Spieltheorie eine breitere Aufmerksamkeit unter Philosophen. Dann trat allerdings ziemliche Funkstille ein, bis es mit dem sogenannten Wiederaufstieg der praktischen Philosophie allmählich auch zu einem Wiedererwachen des philosophischen Interesses an spiel- und entscheidungstheoretischer Modellierung kam.⁵ Hier schoben sich vor allem die Frage nach der Modellierung gesellschaftsvertragstheoretischer und utilitaristischer Ideen auf der einen Seite (2.1) und auf der anderen Seite die Frage nach der Explikation des Rationalitätskonzeptes selbst (2.2) zunehmend in den Vordergrund (nicht nur) philosophischen Interesses.

2.1. Gesellschaftsvertragslehren

Viele Grundfragen der politischen Philosophie befassen sich mit dem Problem, wie man „Spielregeln“ legitimieren, erlassen bzw. ändern kann. Das gilt auch und insbesondere für Fragen, die sich im Anschluß an die beiden Ausgangsprobleme der Staatsphilosophie stellen, nämlich, ob es erstens überhaupt einen Staat geben darf oder soll und wie dieser zweitens gegebenenfalls beschaffen sein soll. Die Spieltheorie hilft hier, indem sie die präzisere Formulierung von Fragestellungen und zugleich die „Voraussage“ von Ergebnissen nach der jeweiligen Logik der philosophisch unterstellten Entscheidungssituationen erlaubt.

Geht es beispielsweise darum zu klären, wie man von der Anarchie gerechtfertigt zu staatlicher Ordnung mit Polizeigewalt und Gerichten gelangt, so beruft man sich gern auf eine „Zustimmungstheorie der Staatsrechtfertigung“ (vgl. grundsätzlich Kliemt 1980). Die für diese Theorien typische Fiktion eines „ursprünglichen Vertrages“ oder Sozialvertrages tritt in den verschiedensten Varianten auf (für eine ebenso umfassende wie durchschlagende frühe Kritik vgl. Hume 1976). Viele dieser Varianten lassen sich durch entscheidungs- und spieltheoretische Modelle präzisieren. Ähnliches gilt allerdings auch und möglicherweise sogar noch stärker für die utilitaristischen Ansätze zur Legitimation des Staates. Damit greifen beide, die modernen Gesellschaftsvertragstheoretiker und ihre utilitaristischen Gegenspieler⁶ auf entscheidungs- und spieltheoretische Modellierungen zurück.

Da wir an dieser Stelle keineswegs beide Ansätze ausführlich und separat besprechen können, werden wir einen Hybrid-Ansatz diskutieren, der unterstellt, daß

- zunächst alle Mitglieder eines extern bestimmten Kollektivs über die verschiedenen für die Ausübung der fundamentalen Zwangsgewalt des Staates (vgl. zu diesem Konzept Nozick 1976) konstitutiven Regeln (zum Beispiel über das Ausmaß an Polizeigewalt) unter der Einstimmigkeitsregel abstimmen und
- dann die daraus entstandenen gesellschaftlichen Positionen unverzerrt zufällig durch die Mitglieder eingenommen werden.

Aufgrund der in ihrer modernen Variante wohl ursprünglich von Vickrey (vgl. Vickrey 1948) vertretenen Konzeption des unverzerrten Zufallszuges zur Zuteilung gesellschaftlicher Rollen

⁵ Man denke nur an die Anwendung der Entscheidungstheorie durch Rawls 1971 und der Spieltheorie durch Gauthier 1986.

⁶ Natürlich ist bei solchen Gegenspielern zunächst an Harsanyi 1977; Harsanyi 1986 zu denken.

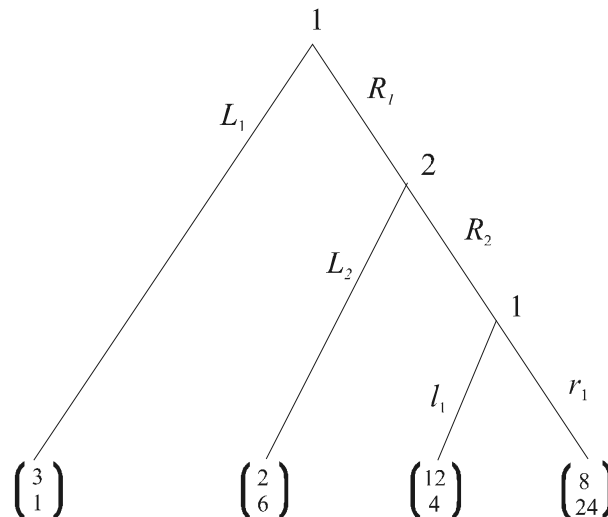
sind die a priori-Erwartungen aller Individuen gleich. Selbst unter der Einstimmigkeitsregel (Wicksell 1896; Buchanan and Tullock 1962) kann es damit zur Annahme von Vorschlägen kommen. Und eine solche einstimmige Annahme wird herrschender philosophischer Auffassung nach als Abschluss eines (aus der a priori-Sicht der Vertragsparteien) optimalen Sozialvertrages interpretiert.

Bei Uneinmütigkeit ist allerdings nicht völlig klar, wie der Status quo zu bestimmen ist. Hier gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder darf angesichts fehlender einmütiger Zustimmung überhaupt nicht gehandelt werden, dann bleibt der Status quo (im Sinne der Anarchie) erhalten, oder es dürfen diejenigen, die zustimmen, gemeinsam handeln, während diejenigen, die dem Vertrag nicht beitreten wollen, im Verhältnis zu den übrigen im vorvertraglichen Zustand verbleiben. Dann leben einige im Zustand der Anarchie weiter und andere gründen – legitimerweise – den Staat als eine Art Klub, dem nur diejenigen angehören, die freiwillig beitrittswillig waren. Spieltheoretisch haben wir mit dem vertragstheoretischen Grundargument nur das (wenn die aus a priori-Sicht optimalen Regeln eindeutig sind) eindeutige Gleichgewicht (Cournot, 1838; Nash, 1951) für das Regelfestlegungs- bzw. Verfassungsspiel bestimmt (vgl. auch Okada and Kliemt 1991 für eine Analyse eines adäquaten Stufenspiels und für eine klassische, ebenfalls spieltheoretisch inspirierte Diskussion Buchanan and Tullock 1962).⁷

2.2. Explikation des Rationalitätskonzeptes

Die Philosophie hat sich traditionell mit Fragen der Begriffsexplikation auseinandergesetzt. So ist bereits von Augustinus der Stoßseufzer überliefert „Was ist Zeit? Wenn Ihr mich nicht fragt, dann weiß ich’s, wenn Ihr mich aber fragt, dann weiß ich’s nicht!“. Die Frage, was genau das Konzept der Zeit bedeutet, ist bis heute philosophisch strittig. Womöglich noch strittiger ist die Frage danach, was es denn heißt, „rational“ bzw. Glied einer Welt vollständig rationaler Wesen zu sein. In der Behandlung dieser Zentralfrage hat die Philosophie der letzten Jahrzehnte ganz wesentlich von der Entscheidungs- und Spieltheorie profitiert, zugleich aber auch selbst zur Entwicklung dieser Theorien beigetragen (vgl. etwa Lewis 1975). Einen besonders prominenten Gegenstand der Diskussion bildet die Frage, ob die in der Spieltheorie übliche Annahme allgemein bekannter Rationalität widerspruchsfrei expliziert werden kann. Dabei geht es vor allem um die Konsistenz von Wahlakten in „dynamisch“ aufeinander folgenden Entscheidungssituationen wie dem nachfolgend skizzierten dreifüßigen Abschnitt eines sogenannten Tausendfüßler-Spiels (vgl. zu solchen Fragen philosophisch etwa Bicchieri 1992, McClennen 1990).

⁷ Ein buchstäblich ursprünglicher Vertrag ist hochgradig unplausibel. Die Vertragstheorie betont deshalb immer wieder, daß die legitimatorische Kraft des Gesellschaftsvertrages nicht auf einem wirklichen Vertrag beruht, sondern darauf, daß rationale Individuen in einer hypothetischen Ausgangssituation – die vor allem die Unkenntnis der je eigenen Betroffenheit der Entscheider erzwingen soll – (kontrafaktisch) einen Vertrag geschlossen hätten.



Die erste der Auszahlungen, die am Ende des Baumes den Spielpartien – Pfaden durch den Baum – als Ergebnisbewertungen zugeordnet sind, bezieht sich jeweils auf Spieler 1 und die zweite auf Spieler 2. (L_1, L_2, l_1) ist, sofern nicht gegen das an sich selbstverständliche Rationalitätsprinzip, niemals eine dominierte Alternative zu wählen, verstoßen wird, die eindeutige Lösung. Das läßt sich durch wiederholte Elimination dominierter Strategien bzw. Züge nachweisen: l_1 ist aus Sicht des zuletzt entscheidenden Spielers 1 besser als r_1 , bei Antizipation der Wahl von l_1 ist L_2 besser aus Sicht des „vorletzt“ entscheidenden Spielers 2 als R_2 , bei Antizipation der Wahl von L_2 ist für Spieler 1 die Alternative L_1 besser als R_1 . Diese sogenannte Lösung durch Rückwärtsinduktion muß zunächst überzeugend wirken. Bezweifelt wird aber, ob Spieler 2 noch unverbrüchlich an die Rationalität von Spieler 1 glauben (und damit den Zug l_1 antizipieren) soll bzw. wird, wenn er wirklich zwischen L_2 und R_2 wählen muß. Ein rationaler Spieler 1 hätte ja L_1 gewählt und damit das Spiel beendet. Kann man aber noch an die Rationalität eines Spielers glauben, wenn man sich in einer Entscheidungssituation findet, die man bei der vorausgesetzten Rationalität des betreffenden Spielers nicht erreichen kann bzw. nur erreichen könnte, wenn man sich zuvor über die wahre Natur oder Nutzenfunktion des anderen Spielers geirrt hätte?

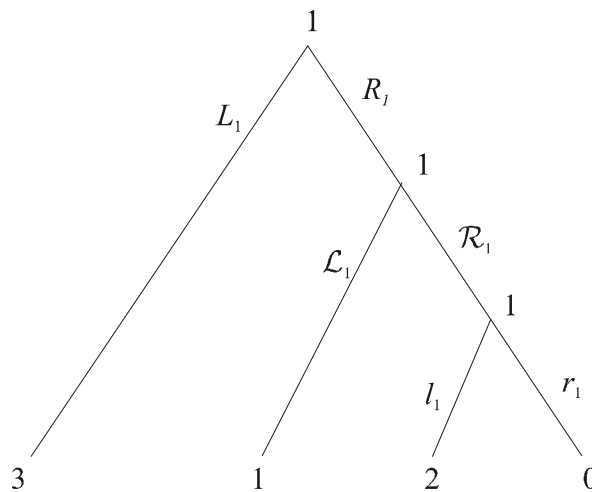
Dieses Problem wird die Spieltheoretiker und Philosophen noch lange Zeit beschäftigen (vgl. für eine umfassendere Analyse insbesondere Aumann 2000, VI.). Wir möchten nur auf zwei Sachverhalte hinweisen, die für die Langzeiteffekte, die von den betreffenden Analysen ausgehen werden, vermutlich bedeutender sind als heute allgemein unterstellt.

Zum ersten, um das obige Tausendfüßlerspiel zu lösen, kommt man mit schwächeren Annahmen als allgemein bekannter Rationalität aus⁸: Für die Wahl von l_1 ist nur erforderlich, daß Spieler 1 rational ist; für die Wahl von L_2 , daß Spieler 2 rational ist und weiß, daß Spieler 1 rational ist; für die Wahl L_1 , daß Spieler 1 und 2 rational sind, daß Spieler 1 und 2 um die Rationalität des anderen wissen und daß Spieler 1 weiß, daß Spieler 2 weiß, daß er (Spieler 1) rational ist.

Zum zweiten zwingt uns das vorangehende Beispiel, wenn wir in der rationalen Lösung nach Dominanzprinzipien einen Widerspruch zur Rationalität bzw. zu allgemein bekannter Rationalität unter Bedingungen vollständiger und sogar vollkommener Informationen sehen,

⁸ Allgemein bekannte Rationalität geht aus von beliebig langen Folgen: „alle Spieler wissen, daß alle Spieler wissen, ..., daß alle Spieler rational sind“.

zu einem viel radikaleren Schritt. Wie das nachfolgende 1-Personen-Spiel mit der Lösung $(L_1, \mathcal{R}_1, l_1)$ verdeutlicht, wäre die Konsistenz der Rationalitätsannahme selbst womöglich allgemeiner zu hinterfragen.



Falls der einzige Spieler 1 wirklich zwischen \mathcal{L}_1 und \mathcal{R}_1 entscheiden muß, kann er dann seine eigene Rationalität (die ihm L_1 vorschreibt) noch unterstellen und voraussagen, daß er l_1 nach \mathcal{R}_1 wählen wird? Hier stellen sich unter anderem fundamentale philosophische Fragen nach der Konzeptualisierung personaler Identität rationaler Subjekte.

Da wir somit endgültig in tiefen Wassern angelangt sind, wollen wir die Gelegenheit beim Schopf ergreifen und uns sogleich der Religion zuwenden. Denn die Spieltheorie hat nicht nur in der Philosophie ein natürliches Anwendungsfeld und zugleich einen natürlichen Verbündeten, sondern hat auch interessante Bezüge zu klassischen religionstheoretischen Überlegungen.

3. Religionstheorie und -wissenschaften

Warum es so ist, daß die Menschen sich über so viele Generationen über religiöse Mythen und Gleichnisse unterhalten und häufig auch den Kopf zerbrochen haben, ist selbst ein erklärungsbedürftiges Phänomen. Warum gelang es bestimmten „metaphorischen Geschichten“, die Vorstellungswelt der Menschen so sehr zu fesseln, wie es tatsächlich der Fall ist? Spieltheorie kann hier insoweit einen Erklärungsbeitrag leisten, als sie die strategischen Strukturen etwa biblischer Erzählungen transparent machen kann (3.1). Zugleich kann Spieltheorie aber auch einen über das rein Interpretative hinausgehenden Beitrag zur Religionstheorie liefern (3.2).

3.1. Modellierung religiöser Metaphern

Grundlegende biblische oder talmudische Geschichten (vgl. Brams 1980, Aumann 2000, Vol. II, 45, Kalkofen 1989) lassen sich spieltheoretisch abbilden und analysieren. Es geht hier häufig darum, welche Annahmen das berichtete Handeln spieltheoretisch rechtfertigen oder welche Axiome implizit unterstellt werden. Zumindest kann die Spieltheorie dazu beitragen,

bestimmte Frage präziser zu stellen. Sie bietet eine Möglichkeit, uns über jene Interaktionssituationen klar zu werden, die für die zentralen Mythen auch unserer modernen Gesellschaften mit ausschlaggebend sind. So heißt es im zweiten Buch Mose (Genesis 2:16-17): „Du sollst essen von allerlei Bäumen im Garten; aber von dem Baum der Erkenntnis des Guten und Bösen sollst Du nicht essen; denn welches Tages du davon issest, wirst du des Todes sterben“.

Warum sollte ein allwissender, allgütiger und allmächtiger Gott derartige Bäume wie den Baum der Erkenntnis schaffen und warum sollte er den Menschen im Paradies überhaupt eine Wahl lassen? Warum sie nicht so programmieren, daß sie zwar das Gefühl haben, frei zu sein, nicht aber frei sind? Warum sie nicht gleich mit Wissen ausstatten? Diese Rätsel haben nachdenkliche Gläubige als nicht nur religionstheoretische, sondern für sie existentielle Fragen von jeher beschäftigt (für eine erste Übersicht zum Theodizee-Problem Hoerster 1985, 3. Kapitel). Wir können darauf nur sehr oberflächlich eingehen, um wenigstens anzudeuten, daß die Kühle der spieltheoretischen Formulierung und die damit einhergehende Distanzierung geeignet sind, wesentliche Wurzeln der Faszination freizulegen, die von den religiösen Metaphern ausgeht.

Nehmen wir an, daß Gott die folgenden Präferenzen hat:

Schaffen eines Menschen mit freiem Willen ist besser, als eine Marionette des Willens Gottes zu schaffen, die sich zwar frei dünkt, es jedoch nicht wirklich ist. Das letztere ist besser, als eine Welt ohne Menschen zu schaffen, und dies ist besser, als überhaupt keine Welt zu erschaffen.

Gott handelt angesichts dieser Bewertungen rational, und gütig, wenn er eine Welt mit freien Menschen schafft. Hier gibt es zwar ein Problem hinsichtlich von Gottes Allmacht, die sich offenkundig nicht mehr auf den Willen der von ihm geschaffenen freien Wesen erstrecken kann⁹ und man kann auch zweifeln, ob Gott die Zustände, wenn er denn allgütig ist, so bewerten würde, wie hier angenommen. Sobald man dies allerdings konzidiert und eine Welt freier Wesen existiert, so können diese auch miteinander und mit Gott strategisch interagieren.

Sollte Gott also, nachdem er Wesen mit freiem Willen erschaffen hat, wie in Genesis 2:16-17 eine normative Beschränkung erlassen, wenn er allgütig ist? Um diese Frage zu beantworten, muß man die Situation modellieren. Eine von Brans (1980, 14 f.) vorgeschlagene erste Modellierung ist die folgende

⁹ Allmachtsparadoxien haben eine lange Tradition: Kann Gott einen Stein schaffen, den er selbst nicht mehr heben kann? Kann er es nicht, so scheint er nicht allmächtig vor Erschaffung des Steines, kann er es, so ist er nach Erschaffung des Steines nicht mehr in der Lage alles zu vollbringen; vgl. auch Suber 1990.

		Adam und Eva	
		Gott gehorchen	Gott nicht gehorchen
Gott	Gebot erlassen	3, 2 Adam und Eva gehorchen und Gott zufrieden	2,3 Adam und Eva gehorchen nicht und Gott unzufrieden
	Kein Gebot erlassen	4,1 Adam und Eva halten sich freiwillig zurück und Gott ist sehr zufrieden	1,4 Adam und Eva handeln ohne Zurückhaltung und Gott ist sehr unzufrieden

Gott kann hier antizipieren, daß rationale Wesen Adam und Eva ihre dominante Strategie wählen werden, die für sie unabhängig von Gottes Entscheidung die bessere ist. Wenn Gott rational und allwissend ist, dann wird seine Entscheidung, ob er überhaupt eine Welt mit Menschen schaffen soll, mit zu berücksichtigen haben, daß die Welt eine sein wird, für die er Gebote erlassen wird, die die Menschen nicht befolgen werden. Wie im Falle der vorangehenden Diskussion vertragstheoretischen Gedankengutes liegt auch hier ein zweistufiges Spiel vor, das von Gott durch Rückwärtsinduktion angegangen werden muß. Warum in der von Gott zu schaffenden Welt allerdings ein allmächtiger Gott auch strafen „muß“, das wird ein religiöses Geheimnis aus Sicht des Gläubigen bleiben und aus Sicht des Ungläubigen auf ein Kohärenzproblem religiösen Glaubens verweisen (für ein verwandtes Strafproblem vgl. Buchanan 1975).

3.2. Religionstheoretische Fragen

3.2.1. Pascalsche Wette

Die Pascalsche Wette wird in jüngerer Zeit gewöhnlich entscheidungstheoretisch modelliert. Sie basiert auf einer subjektiven Wahrscheinlichkeit q dafür, daß Gott existiert bzw. $(1-q)$, daß er nicht existiert, und hat die folgende Gestalt

	<i>Gott existiert</i> q	<i>Gott existiert nicht</i> $1-q$
<i>Glaube</i>	Einschränkungen im Diesseits, Belohnung im Jenseits P	Einschränkungen im Diesseits ohne Kompensation im Jenseits D
<i>Un-glaube</i>	Gutes Leben im Diesseits, Höllenqualen im Jenseits H	Gutes Leben im Diesseits S

Wenn der Nutzen, gläubiger Christ zu sein, mit $N_{chr} = q \cdot P + (1 - q) \cdot D$ angegeben wird und der Nutzen, Atheist zu sein, mit $N_{ath} = q \cdot H + (1 - q) \cdot S$, dann ist es unmittelbar klar, daß jedenfalls nach den in unserem Kulturkreis vorherrschenden Überzeugungen P-H sehr viel größer sein sollte als D-S und damit die rationale Entscheidung schon bei sehr kleinen Werten von „q“ zugunsten des Glaubens ausfallen sollte.

Die Spieltheorie hat hier insoweit einen Beitrag über die Entscheidungstheorie hinaus zu liefern, als sie uns zum einen dazu zwingt, das alte Argument, ob man sich überhaupt entscheiden könne, etwas zu glauben, genau strategisch zu modellieren und zum zweiten über die entscheidungstheoretische Darstellung hinaus die Wette überhaupt als strategische Interaktion zu sehen. In der Wette geht es ja unter anderem auch um die Frage, ob Gott wirklich diejenigen belohnen wird, die an ihn glauben (vgl. dazu Albert 1985). Selbst wenn es Gott geben sollte und wenn er in der Lage und bereit sein sollte, auf die Aktionen einzelner menschlicher Individuen gegenüber diesen selbst nach deren Tod zu reagieren – was unter anderem natürlich die post-mortale Existenz der betreffenden Individuen voraussetzt –, warum sollte ein solcher Gott nicht nach der durchaus vernünftigen Maxime vorgehen, Menschen, die aus derart merkwürdigen Gründen, wie sie von der Pascalschen Wette vorgeschlagen werden, glauben, für dieses Verhalten zu bestrafen? Was gibt uns Grund zu der Annahme, Gott belohne „Gottvertrauen“ als Tugend und sehe es nicht als Untugend an, aufgrund unzureichender Gründe zu glauben?

Wie immer man auch die hier aufgeworfenen Fragen beantworten mag, es scheint ziemlich klar, daß eine rein entscheidungstheoretische Analyse wie in der Pascalschen Wette dem religiösen Glauben aus vor allem zwei Gründen nicht gerecht wird. Zum ersten wird man Gott als strategisch handelndes Individuum mit weitreichendem Wissen über den menschlichen „Gegenspieler“ modellieren müssen. Es stehen sich mit Gott und einem menschlichen Individuum grundsätzlich *zwei* rationale Akteure gegenüber, die beide verantwortlich und frei handeln.¹⁰ Wenn man das angemessen modellieren will, dann hat man es mit einem Zwei-Personen-Spiel zu tun und man muß ein entsprechendes Modell wählen, das die Strategien Gottes und dessen Präferenzen modelliert. Zum zweiten kommt hier aber das Problem zum Tragen, daß wir eigentlich nicht recht wissen, wie genau wir unser Unwissen über das Spiel, das hier gespielt wird, modellieren sollten. Die religiöse Hypothese muß in einem Möglichkeitsraum verortet werden. Die Spieltheorie macht uns insoweit darauf aufmerksam, wie weitreichend eigentlich die Annahmen sind, die religiös gläubige Individuen machen müssen.

3.2.2. Erkennbarkeit der Präsenz eines unendlichen Wesens

Die Spieltheorie zwingt uns bei konsequenter Anwendung, klar zu formulieren, was genau über Gott in seinen Interaktionen mit endlichen menschlichen Wesen vorausgesetzt wird. Sie erlaubt es uns als endlichen Wesen zugleich, Kriterien zu formulieren, die erfüllt sein müssen,

¹⁰ Die Annahme der Willensfreiheit ist in der christlichen Theologie schon deshalb so wichtig, weil sie die einzige halbwegs überzeugende Lösung des Theodizee-Problems verspricht – dem Problem also, Gott als allgütig zu rechtfertigen, wenn er doch als allwissendes und allmächtiges Wesen das Übel nicht verhindert. Die Auffassung, daß der Mensch von Gott mit Willensfreiheit ausgestattet ist, weil eine Welt mit „echt“ willensfreien Wesen intrinsisch besser ist als eine mit nur anscheinend freien Akteuren, hilft hier. Die freien Wesen dürfen nicht den letztlich von einem allmächtigen Gott steuerbaren Naturgesetzen folgen, sondern müssen zur „Kausalität aus Freiheit“ in der Lage sein. Das Problem des sogenannten „natürlichen Übels“, das nicht auf freie Aktionen moralisch verantwortlicher Akteure zurückgeht, bleibt allerdings in jedem Falle bestehen.

um sagen zu können, daß man Gott begegnet sei. Denn wie können wir als endliche Wesen ein unendliches Wesen, selbst wenn wir ihm begegnen sollten, erkennen? Jeder könnte im Prinzip behaupten, Gott zu sein, und es gibt ja genügend menschliche Wesen, die dies bereits getan haben.

Die Spieltheorie kann hier helfen: Damit wir überhaupt rationale Gründe für die Annahme haben können, es mit Gott zu tun zu haben, würden wir ihm denn begegnen, müssen wir uns die Interaktion mit dem unendlichen Wesen als eine Spielsituation vorstellen und zu analysieren trachten, welche Signale ein unendliches Wesen glaubwürdig senden könnte (vgl. Brams 1983). Es steht jedoch zu erwarten, daß derartige spieltheoretische Anwendungen wie zuvor skizziert

- ernsthaft religiöse Menschen nur verletzen, da sie die mehr oder minder willkürlichen Modellierungen ablehnen und “rationalen Glauben” als absurd ansehen, und
- bei areligiösen Menschen kein (zusätzliches) Verständnis für den Glauben anderer erwecken.

Allerdings darf man auch davon ausgehen, daß die Langzeiteffekte spieltheoretischer Modellierungsbemühungen auf den religiösen Glauben am Ende nicht mehr Wirkung haben werden als etwa die protestantische Bibelforschung.¹¹ Das kann man je nach eigenem Standpunkt positiv oder negativ bewerten. Wir verzichten an dieser Stelle auf derartige Bewertungen, möchten aber nachdrücklich darauf hinweisen, daß das Potential der Spieltheorie für die Behandlung religionsphilosophischer und religionswissenschaftlicher Probleme noch lange nicht ausgeschöpft sein dürfte. Die Gottesvorstellung des christlichen Abendlandes, wonach Gott alle Vollkommenheiten besitzt, ist geradezu prädestiniert für eine Anwendung normativer Spieltheorie.

4. (Sozial-)Psychologie und Soziologie

Die Spieltheorie hat sich zunächst vom traditionellen materiellen Eigennutzprinzip (man maximiert den eigenen materiellen Erfolg) der Ökonomik leiten lassen. Gegen die universelle Gültigkeit der Eigennutzhypothese sprechen jedoch gerade spieltheoretisch inspirierte Experimente. Ein schlagendes Beispiel für ein derartiges Experiment bildet menschliches Verhalten im Ultimatumspiel: Hier wählt Spieler 1 ein Angebot a mit $0 \leq a \leq 1$, das der Spieler 2 annehmen kann (Spieler 1 erhält dann $1 - a$, Spieler 2 erhält a) oder ablehnen kann (dann bekommen beide 0). Ein typischer Befund ist, daß Spieler 2 positive Angebote a im Bereich $0 < a < 1/2$ ablehnt (vgl. Güth, Schmittberger et al. 1982, Roth 1995). Ein eigennütziger Spieler, dem im übrigen glaubhaft versichert wurde, daß er den anderen Spieler nie wieder sieht oder der diesen von vornherein nicht kennt, weil die persönliche Identität der Spieler diesen wechselseitig nicht offenbart wurde, müßte jedes Angebot $a > 0$ annehmen. Das ist alles, was er bekommen kann. Spieler verhalten sich aber nicht in dieser rational eigennützigen Weise, sondern „schädigen“ sich selbst, indem sie einen positiven Auszahlungswert ausschlagen. Es müssen also über den materiellen Eigennutz hinaus zusätzliche Motive das Verhalten des Spielers 2 bestimmen.

¹¹ Wenn die Bibelforschung erstmals zu einem historisch verlässlichen Bild des Wahrheitsgehaltes biblischer Überlieferung und textlicher Genese kam, so ist das wissenschaftlich bedeutsam, für den Glauben der Gläubigen hatte es praktisch keine Wirkung, mag es auch viele Theologen auf eine harte Glaubensprobe gestellt haben und immer noch stellen.

Ein zu niedriges Angebot a im Ultimatumspiel kann etwa Spieler 2 derart erzürnen, daß er die Bestrafung von Spieler 1 (durch Ablehnung) dem Betrag a vorzieht. Die Befriedigung seiner „Vergeltungsgelüste“, das Ausleben seiner „retributiven Emotionen“ mag den Spieler 2 befriedigen. Es ist für ihn in sich oder intrinsisch belohnend (vgl. zur intrinsischen Motivation von ökonomischer Seite Frey 1997) das Ultimatum abzulehnen, selbst wenn er dadurch seine extrinsischen materiellen Motive frustriert. Nicht alle nicht-pekuniären und in diesem Sinne nicht-materiellen Motivationen sind allerdings bereits intrinsischer Natur. Man kann extrinsisch durch Lob und Tadel, durch Anerkennung oder Kritik etc. ebenso motiviert sein, wie durch materielle extrinsische Anreize. Man darf soziale Anreizsysteme, nur weil sie häufig informell und nicht-pekuniärer Art sind, nicht deshalb schon mit intrinsischer Motivation gleichsetzen. Motivationen wie das Achten auf den eigenen guten Ruf können rein extrinsischer Art sein, mag der gute Ruf selbst auch keine direkte materielle Komponente aufweisen. Zu der im engeren Sinne intrinsischen Motivation gehört es etwa, wenn jemand einfach deshalb, weil er seiner Empörung Ausdruck verleihen will, ein Ultimatumangebot ablehnt. Ebenso ist jemand, der in einem anonymen sogenannten Diktatorspiel einen Betrag a zwischen $0 < a < 1$ dem anderen Spieler zuordnet, ohne daß der Empfänger dabei mitsprechen könnte, offenkundig intrinsisch dazu motiviert, für sich nicht den ganzen Kuchen (1), sondern nur den Anteil $(1-a)$ zu reservieren. Wenn das Spiel anonym ist, macht es ja keinen Sinn, z.B. „gerecht“ zu handeln, *um* dadurch bestimmte äußere Folgen für die eigene Reputation oder ähnliches herbeizuführen. Ein Spieler, der im Diktatorspiel positive Abgaben tätigt, ist einfach intrinsisch dadurch motiviert, daß er etwa Gerechtigkeit üben will.

Ungeachtet des spieltheoretischen Ausgangspunktes in der traditionellen ökonomischen Konzeption rein materieller extrinsischer Motivation durch pekuniäre Anreize zeigt insbesondere die experimentelle Spieltheorie, daß realen menschlichen Subjekten eine reichere Motivation unterstellt werden muß. Insoweit trifft sich die Spieltheorie insonderheit mit Sozialpsychologie und Soziologie. Vor allem soziale Verbände wie etwa Gewerkschaften, Umweltverbände, Hilfsorganisationen etc., die einen zentralen Gegenstand sozialpsychologischer und soziologischer Forschung bilden, wären ohne die Wirksamkeit „nicht-materieller“ und darüber hinaus häufig intrinsischer Motivationen in ihrer Existenz gefährdet.

Mit spieltheoretischen Modellierungen kann man die Logik derartiger Situationen kollektiven Handelns illustrieren (vgl. zur Logik kollektiven Handelns allgemein natürlich Olson 1968 und knapper Buchanan 1965). Worum es geht, sei beispielhaft an einem Gewerkschafts(beitritts)spiel in Normalform verdeutlicht:

Jedes potentielle Mitglied $i = 1, \dots, n$ kann beitreten ($\delta_i = 1$) oder nicht ($\delta_i = 0$); für ein

Mitglied i mit $\delta_i = 1$ ist der materielle Nutzen $e \sum_{j=1}^n \delta_j - c$, für ein Nichtmitglied $e \sum_{j=1}^n \delta_j$, wobei

$ne > c > e > 0$ gilt. Wegen $e - c < 0$ ist es materiell rational, nicht in die Gewerkschaft einzutreten, obwohl allgemeiner Beitritt wegen $ne > c$ alle materiell besser als allgemeiner Nichtbeitritt stellt. Die Existenz von Gewerkschaften erfordert daher zusätzliche selektiv wirksame Anreize nur für Mitglieder – z.B. spezielle Versicherungsleistungen. Ohne solche Anreize wird davon auszugehen sein, daß niemand der Gewerkschaft beitreten würde, es sei denn es gebe nicht-materielle Anreize bzw. Motive. Diese könnten zum einen informeller, doch extrinsischer Art sein, wie etwa der Wunsch potentieller Außenstehender, von Gewerkschaftern geachtet zu werden. Das würde vor allem dann funktionieren können, wenn die Gewerkschafter intrinsisch motiviert wären, allen die Achtung zu versagen, die nicht Mitglieder sind. Noch direkter würde etwa positives Interesse am Allgemeinwohl (messbar

durch $(ne - c) \sum_{j=1}^n \delta_j$) wirken können. Wer das Gemeinwohl fördern will, der leistet seinen Beitrag einfach, weil er das Gemeinwohl im Sinne hat und sich darüber hinaus fair an dessen Förderung beteiligen will.

Das vorangehende einfache Modell der Trittbrettfahrerproblematik in der Bereitstellung kollektiver Güter bildet die höchst folgenreiche Modellierung eines Argumentes, das zumindest seit den Zeiten David Humes und damit des wohl bedeutendsten klassisch philosophischen Vorläufers der Sozialpsychologie bekannt ist (vgl. Hume 1739/1978; Taylor 1976; Taylor 1987). Es zeigt auf, welche prinzipiellen Hindernisse sich sozialer Kooperation entgegenstellen können. Daneben gibt es andere bedeutende spieltheoretisch inspirierte Modellierungen, die sich ergeben, wenn man die betreffenden Probleme als partiell gelöst ansieht.

Soziale Bewegungen lassen sich beispielsweise häufig als Koalitionsspiele erfassen, die spieltheoretisch durch ihre charakteristische Funktion beschrieben sind. Haben die Spieler $i = 1, \dots, n$ (≥ 0) zum Beispiel die Stimmenanteile $v_i \geq 0$ mit $\sum_{i=1}^n v_i = 1$ und gilt das einfache Mehrheitsprinzip, so spricht man von einer Gewinnkoalition $\mathcal{C} \subseteq \{1, \dots, n\}$, falls $\sum_{i \in \mathcal{C}} v_i > 1/2$, und von einer minimalen Gewinnkoalition, falls keine echte Teilmenge von \mathcal{C} Gewinnkoalition ist. Kann eine Gewinnkoalition \mathcal{C} den Wert $v(\mathcal{C}) = 1$ verteilen und eine Nichtgewinnkoalition \mathcal{C} nur den Wert $v(\mathcal{C}) = 0$, so ist die charakteristische Funktion (mit Seitenzahlungen) durch

$$v(\mathcal{C}) = \begin{cases} 1 & \text{falls } \sum_{i \in \mathcal{C}} v_i > 1/2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

bestimmt. Das sei an einem konkreten Zahlenbeispiel illustriert: Für $n = 3$ und $v_1 = v_2 = .49$ und $v_3 = .02$ gilt

$$v(\mathcal{C}) = \begin{cases} 1 & \text{falls } \mathcal{C} \text{ mindestens 2 Mitglieder hat} \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

Spieltheoretisch sind daher die drei Spieler trotz ihrer teilweise erheblich unterschiedlichen Stimmenanteile gleich mächtig. Der Kern, der nur Auszahlungsvektoren $u = (u_1, \dots, u_n)$ mit $\sum_{i \in \mathcal{C}} u_i \geq v(\mathcal{C})$ für alle Koalitionen \mathcal{C} akzeptiert, ist daher für dieses Spiel leer: $u_1 + u_2 \geq 1$, $u_1 + u_3 \geq 1$ und $u_2 + u_3 \geq 1$ implizieren zusammen $u_1 + u_2 + u_3 \geq 3/2$, d. h., daß mehr als vorhanden verteilt würde. Auch hier zeigen (sozial)psychologische (experimentelle) Studien, daß zusätzliche Gerechtigkeitsnormen (wie etwa $u_i / u_j = v_i / v_j$ für $i = 1, \dots, n$) für tatsächliches Verhalten und tatsächliche Einflußbeziehungen wichtig sind (vgl. zum Beispiel Chertkoff 1971, Komorita 1974). Im Aktienrecht werden solche Normen, von denen die spieltheoretische Darstellung abstrahiert, explizit vorgeschrieben. Die spieltheoretische Analyse kann diese Restriktionen bei der Abbildung als Spiel allerdings berücksichtigen.

5. Politikwissenschaft

Die bereits diskutierten Koalitionsspiele lassen sich ohne weiteres benutzen, um beispielsweise die Bildung einer Regierungskoalition und die Verteilung des Einflusses in der Koalition zu modellieren (zur Anwendung der Politikwissenschaft allgemein Ordeshook 1986). Im 1998 gewählten Bundestag etwa sind die minimalen Gewinnkoalitionen {SPD, CDU/CSU}, {SPD, Grüne}, {SPD, FDP}, {CDU/CSU, Grüne, FDP}. Die PDS ist "Statist" (in keiner minimalen Gewinnkoalition tritt sie auf) und die SPD der "Apex": Ohne PDS gibt es für die 4 Parteien 1 = SPD, 2 = CDU/CSU, 3 = Grüne und 4 = FDP nur *minimale* Gewinnkoalitionen der Form $\{1, i\}$ mit $i > 1$ oder $i \in \{2, 3, 4\}$. Die Quotenlösung ist daher durch $(u_1, u_2, u_3, u_4) = (2/3, 1/3, 1/3, 1/3)$ sowie 0 für die PDS bestimmt, d. h. die SPD ist (mindestens) doppelt so stark wie die anderen Parteien. Diese Art spieltheoretischer Analyse hat breite Aufmerksamkeit in der politischen Theorie erfahren (als moderne einfachere Übersicht vgl. Mueller 1989).

Auch die internationale Politik, hier insbesondere die (Ab-)Rüstungspolitik erfreut sich seit geraumer Zeit spieltheoretischer Aufmerksamkeit (vgl. für einen älteren deutschen Beitrag zum Thema Spieltheorie und Politik, Junne 1972, aus jüngerer Zeit ebenfalls elementar, Zagare 1987, sowie allgemeiner mit interessanten politiktheoretischen Anwendungen, Dixit and Nalebuff 1995, klassisch, Schelling 1977/1960).

Wie bereits Thomas Hobbes aus seiner quasi-spieltheoretischen Analyse der Situationslogik des Naturzustandes wußte, kann die Unsicherheit über das Verhalten anderer dazu führen, daß alle einen Anreiz zu aggressivem Verhalten erhalten. Selbst derjenige, der selbst friedvoll sein möchte, weiß, daß jeder ohne einen Sicherheit gewährenden Zwangsmonopolisten rationalerweise zum Präventivschlag gegen jeden anderen neigen sollte. Denn jeder kann so wie David Goliath potentiell jeden anderen gefährden. Da es insoweit keine Sicherheit geben kann, sollte jeder versuchen, einer potentiellen Gefährdung durch eigenen Angriff zuvorzukommen (vgl. zu Hobbes spieltheoretisch informiert etwa Hampton 1988). Auch in internationalen Beziehungen scheint es so, daß Staaten angesichts der vorherrschenden Unsicherheit nichts anderes übrig bleibt, als zumindest am Rüstungswettlauf teilzunehmen. Denn jeder Staat weiß, daß er besser daran ist, wenn er selbst rüstet, als wenn er selbst nicht verteidigungsfähig ist. Rüstet nämlich ein potentieller Gegner, dann ist es besser, selbst gerüstet zu sein, da man sich sonst nur zum potentiellen Opfer des anderen macht. Rüstet der potentielle Gegner hingegen nicht, dann ist man auch besser daran, wenn man selbst gerüstet ist, denn dann kann man dem anderen den eigenen Willen aufzwingen. Mehr noch, sollte der andere einmal nicht gerüstet sein, so kann man durch einen erfolgreichen Präventivschlag die vom potentiellen Gegner ausgehende Gefahr beseitigen. Dies ist um so stärker angezeigt, als man weiß, daß auch der jeweils andere entsprechenden Anreizen unterliegt.

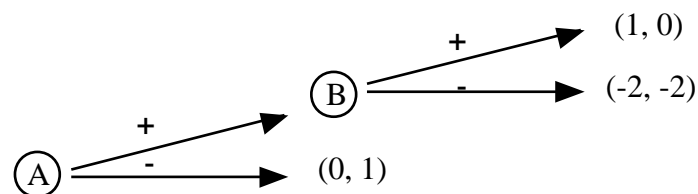
Für jeden ist es unabhängig davon, was der je andere tut, immer besser zu rüsten als nicht zu rüsten. Rüsten ist, wie die Spieltheorie sagt, eine *dominante* Strategie, die die Nicht-Rüstung in dem Sinne strikt dominiert, daß es, gleichgültig was geschieht, immer besser ist, zu rüsten als nicht zu rüsten.

Das vorangehende Argument ist als Modell internationaler Beziehungen durchaus fragwürdig. Wenn man die Bedingungen nämlich genauer spieltheoretisch analysiert, dann hat man es mit wiederholten Interaktionen zwischen Nationen zu tun, die einer eigenen Dynamik im Zeitablauf unterliegen. Wie uns insbesondere die Spieltheorie verdeutlicht hat, hängt sehr viel von den Informationsbedingungen ab. Wenn beispielsweise die Nationen ganz genau oder

doch sehr genau wissen können, wie sehr eine jeweils andere rüstet, dann könnten sie ihre eigene Nicht-Rüstung in einer Periode von der Begrenzung der Rüstung der anderen Nation(en) in der Vorperiode abhängig machen. Die Maxime des Handelns könnte sein: Wenn Du gestern auf zusätzliche Rüstung verzichtet hast, verzichte ich heute, damit Du auch morgen in der Hoffnung, daß ich übermorgen auch nicht rüsten werde, auf Rüstung verzichst usw.

Wie wiederum nur die Spieltheorie uns mit letzter Klarheit zeigen kann, geht es in den internationalen Beziehungen jedoch nicht nur um Information über prüfbares Verhalten, sondern vor allem auch um glaubwürdige Bindungen bzw. Drohungen. Die Nuklearrüstung hat die strategischen Beziehungen zumindest der Großmächte insoweit verändert, als es lange Zeit tatsächlich so war, daß Bedingungen wechselseitig garantierter Zerstörung (Mutually Assured Destruction) vorherrschten. Während des "Kalten Krieges" der beiden Supermächte entsprach dies der pax atomica, d. h. der langen Phase ohne kriegsrische Konflikte in Europa bei wechselseitigem nuklearem overkill-Potential. Allerdings schien fraglich, ob es nach einem Erstschat beispielsweise noch rational war, einen Zweitschat durchzuführen. Das war, wie die Spieltheoretiker analysierten, aller Voraussicht nach für einen rationalen Akteur USA in Europa über lange Zeiten nicht der Fall. Wenn nämlich die Russen einen konventionellen Erstschat ausgeführt und die Amerikaner durch schnellen Vormarsch bis zum Rhein – einen Angelegenheit von vielleicht zwei Tagen – vor vollendete Tatsachen gestellt hätten, dann wäre es für die Amerikaner irrational gewesen, mit Nuklearwaffen zurückzuschlagen, da sie sich damit letztlich selbst zerstört hätten.

Der folgende Baum macht den zentralen Punkt deutlich



Wenn die Amerikaner glaubwürdig drohen wollten, daß sie nach dem Vormarsch der Russen mit Nuklearwaffen zurückschlagen würden, dann mußte an sich gewährleistet sein, daß die Durchführung der angedrohten Handlung auch zum Zeitpunkt der Realisierung rational war. Die Analyse des vorangehenden Baumes zeigt, warum dies nicht plausibel scheint: Es wird angenommen, daß die Spieler A und B den gesamten Baum kennen. Die erste Auszahlung zeigt die Bewertung durch A, die zweite die durch B an. Wenn B zum Zuge kommt, weil A "+" wählt, bleibt B nichts besseres übrig, als ebenfalls "+" zu wählen. Da A dies voraussieht, wird sich die Partie "++" ergeben und 1 für B und 0 für A erbringen. Das heißt, wenn + für die Russen „Einmarschieren“ bedeutet, dann bleibt den Amerikanern u.U. nichts anderes übrig als ebenfalls + zu wählen, was in ihrem Falle jedoch gerade „keinen Vergeltungsschat durchführen“ bedeutet. Die Exekution der Drohung ist unglaublich, weil die betreffende Drohstrategie nicht „teilspielperfekt“ ist (vgl. Selten 1965; Selten 1975).

Noch weitaus dramatischer ist die Gefahr eines nuklearen Erstschat. Falls der Angegriffene nicht reagiert und ein Sieg trotz der Folgen des Erstschat dem Status quo vorgezogen wird, sollte jede Partei aus den bereits von Hobbes verstandenen, voranstehend analysierten Gründen angreifen. Ein Präventiv-Krieg erscheint dann als unvermeidbar. Die Spieltheorie hat hier schon sehr früh die Einsicht beigetragen, man solle die Spielregeln in dem Sinne ändern, daß man nach einem Angriff nicht mehr frei zwischen Fortführung des Krieges und

Kapitulation wählen kann. Um die Vorteilhaftigkeit eines Erstschlags auszuräumen, sollte dafür gesorgt werden, daß man „automatisch“ einen Erstschlag mit einem Gegenangriff beantwortet. Dazu benötigt man einen Mechanismus, wodurch der Erstschlag einer Seite ohne weitere Entscheidung oder Eingriffsmöglichkeit den Zweitschlag auslöst. Wird letzteres antizipiert, so wird jeder rationale potentielle Angreifer den Frieden vorziehen.

Der Film „Dr. Seltsam oder wie ich lernte, die Bombe zu lieben“ überspitzt die voranstehenden Überlegungen zu einer gelungenen Satire. Der Film nimmt unter anderem die Idee einer sogenannten „doomsday machine“ auf und läßt es zu einem Domsday-Wettlauf kommen, weil jede Seite die Entstehung eines „doomsday gap“ befürchtet. Jeder will als erster eine Maschine installieren, die eine Zweitschlags-Automatik beinhaltet. Für den Spieltheoretiker ist es sicher recht schön zu wissen, daß die Spieltheorie auch Drehbücher gelungener Filme inspirieren konnte. Allerdings ist der spieltheoretische strategische Hintergrund des Filmes sehr ernst zu nehmen. Er kann – und sei es im Gewand der Satire – auch Laien unter anderem die spieltheoretische Botschaft von der Bedeutung der Zweitschlagkapazität begreiflich und die potentiell friedenssichernde Rolle von Nuklear-Ubooten einsichtig machen. Spieltheoretische Modelle und Analysen können im übrigen auch die Bedeutung des ABM-Vertrages verständlicher werden lassen und verdeutlichen, warum scheinbar defensive Aktionen wie die Errichtung eines nuklearen Schutzschildes (sogenanntes Star war-Programm) möglicherweise friedensgefährdend sein können.

Es scheint klar, daß eigentlich niemand über internationale Friedensordnungen, Friedenspolitik und allgemein internationale Sicherheit mitreden sollte, der nicht Grundeinsichten der modernen Spieltheorie verstanden hat. Kant-Zitate insbesondere aus Kants Schrift zum ewigen Frieden, wie sie vor allem in Deutschland gern in Festreden bemüht werden, können solche Kenntnisse jedenfalls nicht ersetzen. Wenn überhaupt je Theorien die Welt einer friedenssichernden Ordnung näherbringen werden, dann werden sie spieltheoretischer Natur sein. Denn nur die Spieltheorie kann uns hier weiterhelfen. Wenn wir Glück haben, wird sie so etwas werden wie die Fortsetzung der Kantischen Philosophie mit anderen Mitteln. Ganz allgemein hilft uns die Spieltheorie in der Verfolgung hoher Ideale, indem sie uns realistische strategische Mittel vorschlagen kann, mit denen wir unsere Ziele politisch mit Aussicht auf dauerhaften Erfolg verfolgen können.

Ein weiteres Beispiel aus der internationalen Politik bilden Probleme des internationalen Umweltschutzes. Die Vermeidung grenzüberschreitender Emissionen und die Verteilung der Kosten solcher Maßnahmen ist eine interessante Anwendung der Spieltheorie im Bereich der internationalen Politik. Hier ist besonders die Einseitigkeit der grenzüberschreitenden Belastungen zu beachten: Falls ein Fluss in Land 1 entspringt und dort verschmutzt wird, bevor er die Grenze zu Land 2 überschreitet, leidet Land 2 unter einer Verschlechterung der (Trink)Wasserqualität, während umgekehrt Wasserverschmutzung im Land 2 nicht die Wasserqualität in Land 1 beeinträchtigt. Nach der Logik der Situation sollte Land 1 alle wasserverschmutzenden Industrien an der Grenze zu Land 2 ansiedeln.

Wie kann sich Land 2 wehren? Falls in anderen Feldern internationaler Arbeitsteilung und Kooperation Land 1 auf die Zusammenarbeit mit Land 2 angewiesen ist, könnte Land 2 mit einem Abbruch aller gemeinsamen Projekte drohen. Durch Kompensation der Kosten durch Land 2 könnte Land 1 ebenfalls zur Aufbereitung des Schmutzwassers gebracht werden (natürlich ist das ein klassisches Coase-Argument). Ist Land 2 militärisch weitaus überlegen, so würde es Land 1 sicherlich von vornherein vermeiden, den Zorn in Land 2 anzustacheln. Die Schaffung der UNO, internationaler Gerichte etc. sind Bestrebungen, die Regeln für internationale Beziehungen so zu ändern, daß auch ohne (militärische) Drohungen mit fairen

und effizienten Ergebnissen gerechnet werden kann. Die Spieltheorie kann durch ihre Analysen von Regeln den Erlaß geeigneter Spielregeln fördern und zu einer „guten“ Funktionsweise der auf diesen Regeln aufbauenden Institutionen durch Verbreiterung des allgemeinen Verständnisses für die „Vernunft der Regeln“ (vgl. Brennan and Buchanan 1985) beitragen.

6. Rechtswissenschaften

Die relativ späte Anwendung spieltheoretischer Methoden in der Rechtswissenschaft muß an sich verwundern und kann vermutlich nur mit der allgemeinen Mathematikfeindlichkeit des typischen Juristen – und die typische Juristin ist da keine Ausnahme – erklärt werden. Denn die (trotz gewisser Interpretationsspielräume) eindeutigen rechtlichen Regeln (Paragraphen) schlagen eine spieltheoretische Abbildung häufig gleichsam selbst vor (vgl. generell Baird, Gertner et al. 1994). Manchmal werden sogar solche typischen spieltheoretischen Gegenstände wie „Versteigerungen“ explizit angesprochen. So wird im Erbrecht die Versteigerung von Gütern geregelt, wenn sich die Erben nicht einigen können. Analog wird in den einschlägigen Gesetzestexten festgelegt, nach welchen Regeln eine Gesellschaft mit mehreren Teilhabern verkauft, liquidiert oder aber mit neu verteilten Befugnissen weitergeführt werden kann.

Wie weitgehend durch rechtliche Regeln ein Spielmodell bestimmt sein kann, läßt sich anhand der sogenannten Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB) – ein Rechtsinstitut mit einer über 500 Jahre langen Tradition (Gandenberger 1961) – sehr konkret illustrieren: Es sei ausgegangen von einer Universität, die ihr Ansehen steigern will, indem sie ein architektonisch eindeutig festgelegtes Hörsaalgebäude für Vorlesungen über Spieltheorie und ihre Anwendung in den Sozialwissenschaften erbaut (leider sind die Universitäten noch nicht so weit fortgeschritten, den Charme dieser aus Sicht des Spieltheoretikers naturgemäß großartigen Idee zu erkennen). Die Baufirmen $i = 1, \dots, n (\geq 2)$ müssen gemäß VOB versiegelte Gebote $b_i (\geq 0)$ einreichen, von denen (wiederum gemäß VOB) das günstigste ausgewählt werden muß.

Die Züge der Bieter $i = 1, \dots, n$ sind damit alle möglichen Gebote $b_i \geq 0$. Für jeden Gebotsvektor $b = (b_1, \dots, b_n)$ mit $b_i \geq 0$ für $i = 1, \dots, n$ ist ferner durch die VOB vorgeschrieben, daß

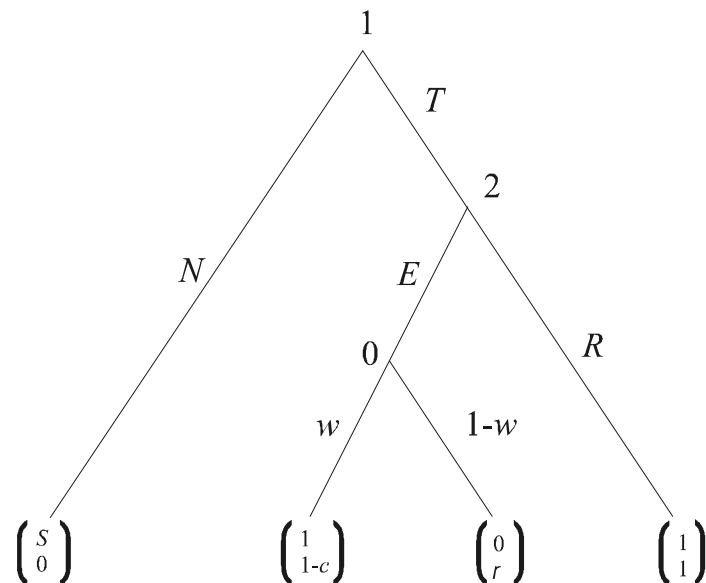
- der Gewinner $w \in \{1, \dots, n\}$ der Ausschreibung Niedrigstbieter sein muß, d. h. $b_w \leq b_i$ für alle $i = 1, \dots, n$, und
- der Preis p , den w für die Bauleistung erhält, genau seinem Gebot entspricht, d. h. $p = b_w$.

Obwohl hierdurch die Spielregeln weitgehend bestimmt sind, liegt noch kein wohldefiniertes Spiel vor. Bezeichnet $c_i \geq 0$ die Kosten, die das Erstellen des Gebäudes für die Baufirma $i = 1, \dots, n$ verursachen würde, so ist bei allgemein bekanntem Kostenvektor $c = (c_1, \dots, c_n)$ das Spiel mit den Auszahlungen $u_w = b_w - c_w$ und $u_i = 0$ für alle $i \neq w$ eindeutig bestimmt. Gilt zum Beispiel $0 < c_1 < c_2 < c_i$ für $i = 3, \dots, n$, so würde Bieter 1 die zweitniedrigsten Kosten c_2 marginal unterbieten und den Auftrag mit einem Gewinn von annähernd $c_2 - c_1$, d. h. seinem Kostenvorteil, zugesprochen bekommen, während alle übrigen Bieter leer ausgingen.

Ist für alle $i = 1, \dots, n$ die Kostenhöhe c_i private Information des Bieters i , so muß man die Kostenerwartungen der Bieter $j \neq i$ bezüglich der Kostenhöhe c_i ihrer Mitbieter spezifizieren (Harsanyi, 1967/1968). Eine Strategie des Bieters i ist dann eine Gebotsfunktion $b_i(\hat{c}_i)$, die jeder von anderen ($j \neq i$) erwarteten Kostenhöhe \hat{c}_i ein Gebot $b_i(\hat{c}_i)$ zuordnet. Obwohl Bieter i seine wahren Kosten c_i kennt, muß er (kontrafaktisch) auch sein Gebotsverhalten für andere Kostenniveaus \hat{c}_i ableiten. Dies ist für die Erwartungen und damit für das Gebotsverhalten seiner Mitbieter wichtig. Deren Verhalten bestimmt wiederum seine Erwartungen und sein Verhalten $b_i(c_i)$.

Zentral ist die Einsicht, daß man die Auktion so konzipieren kann, daß die Abgabe wahrer Gebote eine dominante Strategie der Bieter wird. Dazu wird festgelegt, daß der Sieger den Preis des zweitniedrigsten Gebotes erhält. Diese Entkopplung des zu erhaltenden vom je eigenen gemachten Gebot führt dazu, daß jene, die anders bieten, als es ihren wahren Kosten entspricht, sich im Nachhinein u. U. ärgern müßten. Denn sie hätten den Sieg davontragen und einen Gewinn machen können. Da die Höhe des Gewinnes nur vom zweitbesten Gebot eines anderen und nicht vom je eigenen Gebot des Gewinners beeinflußt wird, gibt es keinen Anreiz, anders als ehrlich zu bieten (vgl. auch die frühe Anwendung solcher Ideen von Vickrey 1961).

Rechtstheoretisch bedeutende Fragen wie die nach dem guten Sinn staatlicher Vertragsdurchsetzung lassen sich spieltheoretisch ebenfalls mit großem Gewinn behandeln. Wir wollen dies an einem einfachen mit dem Konzept des Vertrages eng verknüpften Spiel, dem sogenannten Vertrauensspiel in extensiver Form (mit $r > 1 > s > 0$ und $1 > w$, $c > 0$), illustrieren (die Auszahlungen sind an den unteren Endpunkten in der Reihenfolge der Spieler 1 und 2 angegeben).



Hier steht N (No trust) für Verweigerung der Kooperation durch Spieler 1 und T (Trust) für Vertrauen. Vertrauen kann Spieler 2 mit R (Reward) belohnen, aber auch ausbeuten durch E (Exploitation). Bei Ausbeutung entscheiden die Gerichte (hier als nicht strategisch, sondern „regel-deutend“ handelnder Zufallsspieler 0 modelliert) mit Wahrscheinlichkeit w auf

Vertragserfüllung, wobei Spieler 2 die Gerichtskosten c zu tragen hat. Mit der Restwahrscheinlichkeit $1 - w$ wird die Klage ohne Kosten abgewiesen.

Das (teilspiel)perfekte Gleichgewicht basiert auf der Entscheidung E , falls $\frac{r-1}{r-1+c} > w$.

Antizipiert Spieler 1 die Entscheidung E aufgrund dieser Ungleichung, so ist Nichtkooperation besser, falls $s > w$ gilt. Dies zeigt, daß eine Sozialordnung mit geringer Wahrscheinlichkeit w zu für beide Seiten schlechteren Ergebnissen führt als eine Sozialordnung mit großem w (im Sinne von $\frac{r-1}{r-1+c} < w$) und dem (teilspiel)perfekten Gleichgewicht (T, R) .

Man kann unter bestimmten Annahmen über die Formen und Wirkungen sozial-evolutionärer Konkurrenz zwischen Gesellschaften davon ausgehen, daß Sozialordnungen mit großen w von anderen Gemeinschaften übernommen werden. Es wird ein evolutorischer Anstieg von

$w < \frac{r-1}{r-1+c}$ in den Bereich $w > \frac{r-1}{r-1+c}$ resultieren (für eine weitergehende Analyse vgl.

Güth and Ockenfels 2000). Der Gedanke der Sozialevolution in einem entsprechend charakterisierbaren Konkurrenzprozeß ist von den klassischen Sozialdarwinisten (vgl. dazu etwa Hofstadter 1969) bereits vertreten, von anderen Ökonomen in jüngerer Zeit wiederaufgenommen und fortgeführt (Hayek 1973-79; Nelson and Winter 1982; Witt 1987) und schließlich in der modernen evolutorischen Spieltheorie (vgl. vor allem Weibull 1995 und als Anwendung auf Institutionen Young 1998) präzisiert worden. Ungeachtet der neueren Anwendungen der sogenannten evolutionären Spieltheorie auf Fragen evolutorischer Ökonomik bleibt aber natürlich der eigentliche Kern der Evolutionstheorie biologischer Natur. In diesem Gebiet haben sich de facto die evolutionäre Spieltheorie und die theoretische Biologie seit dem fundamentalen ersten Papier von Maynard Smith und Price () in einigen Aspekten bis zur Ununterscheidbarkeit angenähert.

7. Evolutionsbiologie

Traditionelle Annahme in den (normativ ausgerichteten) Sozialwissenschaften, insbesondere in den Wirtschaftswissenschaften, ist die unbeschränkte Rationalität der Entscheider. In der Biologie wurde hingegen auch für höhere Lebewesen wie die Säugetiere von genetisch vorgeprägtem Verhalten ausgegangen. Die modellmäßige Elimination vorausschauend opportunistischen Verhaltens in der Biologie, wiewohl selbst unrealistisch (vgl. Güth and Güth 2000, Güth and Güth 2000), dürfte zwar insgesamt der Wahrheit näher kommen als die heroischen Annahmen der Ökonomik. Denn unsere engsten Verwandten im Tierreich (die höheren Primaten) sind nur wenige Generationen von uns entfernt, während homo sapiens auch nach viel längerer Generationsfolge niemals dem Homo oeconomicus nahe kommen wird. Doch auch die Biologie schießt vermutlich über das Ziel sinnvoller Abstraktion hinaus.

Die Neigung zu extremen Modellannahmen ist nicht die einzige Gemeinsamkeit von Biologie und Ökonomik. Es gibt vielmehr traditionell einen Überlappungsbereich von Ökonomik und Biologie, da

- gemäß der Annahmen der tradierten Evolutionsbiologie tierisches Verhalten optimal an die Umgebung angepasst ist, nämlich als Ergebnis darwinistischer Evolutionsprozesse, und
- die traditionelle Ökonomik Rationalität der Entscheider (zum Beispiel von Verkäufern und Käufern auf Märkten) schon immer als Ergebnis darwinistischer Selektion auf (Konkurrenz-)Märkten zu rechtfertigen suchte (vgl. vor allem Alchian 1950 für eine modernere Version eines solchen klassischen Argumentes).

Neuerdings hat sich durch das Aufkommen der „Theorie der Evolutionsspiele“ auch modellmäßig eine formale Annäherung ergeben. Diese hat einen regen Austausch zwischen den Disziplinen begünstigt.

Im Falle genetischer Evolution bei langsamem Generationenwechsel benötigt eine evolutorische Anpassung auf genetischer Ebene immens viel Zeit. Die sogenannte Replikatordynamik, gemäß der Typen mit über(unter)durchschnittlichem reproduktiven Erfolg ihren Populationsanteil erhöhen (vermindern), ist eine besonders prominente formale Beschreibungsweise solcher „allmählicher“ Prozesse. Methodologisch ist es wünschenswert, die konkreten dynamischen Prozesse zu beschreiben. Die stabilen Ruhepunkte der Prozesse lassen sich in vielen Fällen durch stationäre Stabilitätsbedingungen charakterisieren, die mit dem spieltheoretischen Gleichgewichtsbegriff (jeder ist optimal an das tatsächliche Verhalten seiner Mitspieler angepasst) eng verwandt sind.

Wie in der Evolutionsbiologie üblich sei zur konkreten Illustration von einem symmetrischen Evolutionsspiel $(T, R(\cdot))$ ausgegangen. T bezeichnet hier den Typenraum, d. h. die Menge möglicher Verhaltensweisen im Evolutionsspiel. Für jede Typenkonstellation $t, \tilde{t} \in T$ wird durch $R(t, \tilde{t})$ der reproduktive Erfolg des t -Typen spezifiziert, wenn er auf einen \tilde{t} -Typen (zum Beispiel in einer ursprünglich \tilde{t} -monomorphen Population) trifft. $t^* \in T$ ist eine evolutionär stabile Strategie (ESS), falls

- $R(t^*, t^*) \geq R(t, t^*)$ für alle $t \in T$, d. h. (t^*, t^*) ist ein symmetrisches Gleichgewicht des symmetrischen Evolutionsspiels $(T, R(\cdot))$, und
- für alle $t \in T$ mit $R(t, t^*) = R(t^*, t^*)$ zusätzlich $R(t^*, t) > R(t, t)$ gilt.

Die erste Bedingung ist das Erfordernis, daß im stabilen Endzustand der Evolution der existierende Typ t^* optimal an das Verhalten seiner t^* -monomorphen Art angepasst sein muß. Die zweite Bedingung verhindert, daß eine alternative beste Antwort t auf t^* sich ausbreiten kann. Falls sie sich nämlich ausbreitet, trifft sie mit positiver Wahrscheinlichkeit auf sich selbst und schneidet dann gemäß der Zusatzbedingung schlechter ab als t^* , d. h. sie wird als weniger erfolgreicher Typ zurückgedrängt.

Die vorangehende Skizze beschreibt selbstverständlich nur *einen* Zugang zu evolutionärspieltheoretischen Analysen biologischer, genetisch fundierter Evolutionsprozesse. Man wird in einer zufriedenstellenden Analyse nicht nur auf die stabilen Ruhepunkte achten, sondern die Gesamtdynamik des Prozesses durch konkrete Differentialgleichungen beschreiben wollen. Es gibt neben der Replikatordynamik andere Adaptationsdynamiken, deren stabile Endzustände durch andere Bedingungen charakterisiert sein können. Die Biologen ebenso wie die Ökonomen und andere „Kulturwissenschaftler“ haben derartige Alternativen in häufig höchst komplexen mathematischen Modellen betrachtet. Es gibt dabei genügend

Familienähnlichkeit zwischen den Modellen, so daß sie vergleichbar bleiben. Überdies erleichtert die Einheitlichkeit der spieltheoretischen Sprache (weshalb wir ja auch von der lingua franca der modernen Sozialtheorie sprachen) den Übergang zwischen den Disziplinen.

Indirekte Evolutionsanalysen (vgl. Güth and Kliemt 1998) erlauben es, die Grundansätze einer gleichsam von hinten, aus der Vergangenheit geschobenen genetischen und der von „vorn“ durch Erwartungen der Zukunft gezogenen Verhaltensbestimmung miteinander zu verbinden. Anhand des einfachen Ultimatumspiels läßt sich die Grundidee einer derartigen „Vereinigungstheorie“ verdeutlichen: Hier soll der Typ $t \in T$ im zugehörigen Evolutionsspiel messen, wie avers man als Spieler 2 auf Ungleichbehandlung im Sinne von $a < 1/2$ reagiert. Höhere Ungleichheitsaversion $t \geq 0$ führt also dazu, daß das gerade noch akzeptable Angebot $\underline{a}(t)$ mit t ansteigt. Bei unendlicher Ungleichheitsaversion würde man also nur noch $a = 1/2$ akzeptieren, da $\underline{a}(t) \rightarrow 1/2$ für $t \rightarrow \infty$.

Wir wollen illustrieren, daß dies mit dem rationalen Verhalten eines ungleichheitsaversen Spielers 2 vereinbar ist. Nimmt Spieler 2 das Angebot a an, so sei seine Auszahlung $u_2 = a - t(1/2 - a)$, wohingegen Ablehnung ihm $u_2 = 0$ einbringt. Die Akzeptanzgrenze von Spieler 2 ist damit durch $\underline{a}(t) = t/2(1+t)$ bestimmt. Bei bekanntem Typ t des Spielers 2 wird ein rationaler Spieler 1 genau $a = \underline{a}(t)$ anbieten, was Spieler 2 vom Typ t gerade noch akzeptiert.

Damit ist auch die Funktion $R(t, \tilde{t})$ des zugehörigen Evolutionsspiels determiniert. Werden sowohl der t - als auch der \tilde{t} -Typ mit Wahrscheinlichkeit $1/2$ die Rolle von Spieler 1 bzw. 2 ausfüllen, so gilt $R(t, \tilde{t}) = 1/2[1 - \underline{a}(\tilde{t}) + \underline{a}(t)]$. Da $\underline{a}(t)$ in t ansteigt, führt damit höhere Ungleichheitsaversion zu höherem reproduktiven Erfolg. Im evolutionär stabilen Zustand ist dann jeder unendlich ungleichheitsavers und es werden nur Gleichverteilungen $a = 1/2$ beobachtet.

Ist das Niveau seiner Ungleichheitsaversion nur dem Spieler 2 bekannt, so kann sich das Angebot a nur an der Populationszusammensetzung, d. h. an den Wahrscheinlichkeiten der t -Werte orientieren, wie sie Spieler 1 erwartet. Eine höhere individuelle Ungleichheitsaversion t verbessert damit nicht das Angebot a , sondern hat nur den Nachteil, daß man höhere Angebote a ablehnt als bei niedrigerer Ungleichheitsaversion. Sind etwa aufgrund kleiner Fehler bei der Strategiewahl solche Angebote nicht auszuschließen (vgl. Selten 1983; Selten 1988), erweist sich daher $t^* = 0$ als eindeutige, evolutionär stabile Strategie. Das (Bei)Spiel verdeutlicht, wie wichtig die Informationsübertragung für das Ergebnis evolutionärer Prozesse sein kann, wenn man – wie im Rahmen indirekter Evolutionsanalysen – rationales Überlegen nicht ganz ausklammert.

8. Sprachwissenschaft

Kulturelle Entwicklungen versucht man häufig auch als Evolutionsprozesse (vgl. zu co-evolutionären Prozessen Lumsden and Wilson 1981) zu beschreiben. Diese Redeweise ist mit der Gefahr der Begriffsaufweichung verbunden. Denn natürlich *kann* man jede Entwicklung als Evolution bezeichnen, fraglich ist allerdings, wieviel das mit dem Kernkonzept, so wie wir es aus der Biologie kennen, noch zu tun hat. Behält man diese Warnung im Hinterkopf, dann kann man spieltheoretische Modelle verwenden, um kulturelle Entwicklungsprozesse als

Evolutionsprozesse zu beschreiben. Man kann dabei nicht auf einen Vererbungsprozeß genetischer Art Bezug nehmen, sondern muß irgendeine andere Form der Weitergabe von Information unterstellen. Man macht dazu beispielsweise bestimmte Annahmen darüber, wie

- gute Beispiele imitiert werden,
- eigene vergangene Erfahrungen das künftige Verhalten verändern, indem sie früher erfolgreiches (schlechtes) Verhalten verstärken bzw. abschwächen (vgl. Bush and Mosteller 1955, sowie Roth and Erev 1995),
- Ausbildung, besseres Erfassen der Umgebung und angepassteres Verhalten ermöglicht.

Die kulturelle Weitergabe von Information in einem Prozeß, der sowohl eine hohe Korrelation zwischen Vorinformation und Folgeinformation (entsprechend der Weitergabe von Genen) als auch eine gewisse Fehlerrate bei der Übertragung (entsprechend der Mutation) kennt, hat zumindest zwei zentrale Eigenschaften der Charakterisierung evolutionärer Prozesse (wie in Eigen and Winkler 1981). Der größte kulturelle Informationsspeicher überhaupt ist gewiß die Sprache. Betrachten wir also exemplarisch Modellierungen dieses für die menschliche Spezies wohl charakteristischsten und in jedem Falle für ihren Erfolg bedeutsamsten Phänomens (eine evolutionistisch angehauchte Darstellung sprachwissenschaftlicher Art gibt Keller 1990).

8.1. Evolutionäre Modelle der Bedeutungsfestlegung

Warum sich Sprache überhaupt entwickelt hat, lässt sich am „Absender-Empfänger-Spiel“ verdeutlichen (vgl. Wärneryd 1993 und für eine die Anwendung spieltheoretischer Überlegungen durchaus nahelegende Darstellung im Sinne klassischer Semiotik Morris 1973): Es sei S die Menge der möglichen Situationen s und A die der möglichen Aktionen a . Für jeden Zustand $s \in S$ sei die für beide Beteiligte optimale Aktion $a^*(s) \in A$ eindeutig. Kommunikation sei notwendig, weil nur der Absender (Spieler 1) über den Zustand $s \in S$ informiert wird, aber der Empfänger (Spieler 2) die Aktion auswählt. Ohne gemeinsame Sprache kann Spieler 1 dem Spieler 2 nur seine je eigene Beschreibung/Identifikation des Zustands $s \in S$ mitteilen, die für den Spieler 2 aber ohne sprachliche Konventionen der Bedeutungsfestlegung völlig uninformativ ist. Wenn Spieler 1 quack-quack sagt und damit links meint, Spieler 2 aber nicht darüber informiert ist, daß dies die Bedeutung ist, wird Spieler 2 ebensogut der Information rechts wie der Information links entsprechend handeln können. Spieler 2 wird weitgehend beliebig zwischen den Alternativen $a \in A$ auswählen, was oft für beide Spieler sub-optimale Ergebnisse impliziert.

Wir wollen anhand der einfachsten Situation mit $S = \{s^1, s^2\}$, $A = \{a^1, a^2\}$ und $a^*(s^1) = a^1$ sowie $a^*(s^2) = a^2$ verdeutlichen, wie man die Theorie der Evolutionsspiele anwenden kann, um zu prüfen, ob sich weiterreichende und die Effizienz verbessernde Kommunikation entwickeln wird. Spieler 1 teile den Zustand $s \in S$ via s^1 bzw. s^2 mit, was ursprünglich für Spieler 2 völlig aussagelos ist. Er will wissen, ob er a^1 oder a^2 wählen soll, doch wird ihm das durch s^1 bzw. s^2 noch nicht mitgeteilt.

Es gibt zwei verschiedene Reaktionsweisen, nämlich $k = (a^1|s^1, a^2|s^2)$ und $f = (a^1|s^2, a^2|s^1)$; wobei $a|s$ die Aktion $a \in A$ des 2 bezeichnet, wenn Spieler 1 die Botschaft $s \in S$ mitteilt.

Bewerten beide Spieler die bessere Aktion mit 1 und die schlechtere mit 0, so lässt sich das Evolutionsspiel wie folgt als Spielmatrix darstellen:

	k_2	f_2
k_1	1	0
f_1	0	1

Hierbei besagen k_i bzw. f_i , daß Spieler $i = 1, 2$ auf die durch k bzw. f beschriebene Lesart der Signale $s \in S$ vertraut, d. h. wie die Mitteilung des 1 an den 2 interpretiert wird. Trifft k_1 auf k_2 , so wählt Spieler 2 die optimale Entscheidung $a^1(a^2)$, wenn $s^1(s^2)$ vom Spieler 1 mitgeteilt wird. Vertrauen beide auf f , kommt es zum gleichen Resultat: Wenn Spieler 1 möchte, daß 2 die Aktion $a^1(a^2)$ wählt, so teilt er $s^2(s^1)$ mit, was vom Spieler 2 auch richtig verstanden wird. Nur bei differierenden Sprachen, d. h. für (k_1, f_2) und (f_1, k_2) , resultieren sub-optimale Resultate. Die beiden evolutionär stabilen Strategien im Sinne strikter symmetrischer Gleichgewichte sind daher $k^* = (k_1, k_2)$ und $f^* = (f_1, f_2)$. Sowohl gemäß k^* als auch gemäß f^* führt die Kommunikation der beiden Spieler zu effizienter Allokation.

8.2. Sprachwahlprobleme

Will Spieler 1 aus Land A mit Spieler 2 aus Land B reden, so reicht es offenbar aus, wenn nur einer der beiden die Sprache des anderen erlernt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, sich einer dritten Kultur- oder Kunstsprache zu bedienen: Diese müssten dann beide erlernen. Gleichgewichte mit maximaler Kommunikation sind offenbar Situationen mit einer eindeutigen Weltsprache (die jeder wählt, der eine Fremdsprache erlernen will). Hierfür gibt es viele Möglichkeiten, da jede Kultur- oder Kunstsprache hierfür mehr oder minder geeignet ist. Man kann daher durch Anwendung einer Theorie der Gleichgewichtsauswahl (zum Beispiel der von Harsanyi and Selten 1988) prüfen, welche Kultursprache oder (wegen ihrer eklatant niedrigeren Kosten für ihr Erlernen) Kunstsprache lösungsg Geeigneter ist (vgl. Güth, Strobel et al. 1997). Individuell könnte man beim Erlernen einer Fremdsprache vom Ziel ausgehen, mit möglichst vielen Ausländern reden zu können. Das würde uns veranlassen, vor allem Sprachen mit großer Verbreitung als Muttersprache (wie Chinesisch) zu erlernen: Da dies bislang eher die Ausnahme darstellt, geht man offenkundig nicht nach diesem Kriterium vor. Es kommt vermutlich eher auf die Anzahl der Interaktionen als auf die Anzahl der Menschen an, die eine Sprache sprechen. Um hierfür etwa national eine Näherung zu haben, gewichtet man in der Regel die einzelnen Kultursprachen mit ihrem Anteil am Außenhandel des Landes, in dem der Lernwillige lebt (vgl. Selten and Pool 1991). Mit einer entsprechend gewichteten Zielfunktion kann man dann weiter modellieren.

9. Wirtschaftswissenschaften

Manche beeindruckende Innovation in den Wirtschaftswissenschaften wurde erst nach langer Zeit anerkannt. Ein besonders eklatantes Beispiel ist die grundlegende Arbeit von Edgeworth zur Mathematisierung der „Moralwissenschaften“ (vgl. Edgeworth 1881), die erst ca. 70 Jahre

später (wieder)entdeckt wurde (vgl. Shubik 1959). Sie nahm das später allgemein formulierte spieltheoretische Konzept des Kerns vorweg. Die Fruchtbarkeit des Konzeptes wurde anhand eines anspruchsvollen Beispiels illustriert (vgl. Debreu and Scarf 1963). Dieser Langzeiteffekt war wichtig für die Spieltheorie, da sie hiermit einen ihrer großen Erfolge feiern konnte.

Ungeachtet der ersten Erfolge der Spieltheorie und des großen Anfangsenthusiasmus, trat etwa ein Vierteljahrhundert nach ihrer ursprünglichen Formulierung so etwas wie allgemeine Enttäuschung auf: In der Spieltheorie beschäftigte man sich vornehmlich mit kooperativen Spielen (erfasst durch ihre charakteristische Funktion), die – ähnlich wie die Theorie allgemeiner Konkurrenz bzw. der Konkurrenzallokationen – nicht den Grundprinzipien des methodologischen Individualismus genügen: Die Ergebnisse sozialer Interaktion werden nicht konsequent aus individuellem Entscheidungsverhalten abgeleitet. Damit geriet man ungeachtet der modernen mathematischen Methoden in eine Schwierigkeit, in der sich auch andere sozialtheoretische Disziplinen aus Sicht jedenfalls der vorherrschenden ökonomischen Lehrmeinungen befanden (etwa zum Streit um Individualismus und Kollektivismus in der Soziologie umfassend Vanberg 1975).

Parallel zu dieser Ernüchterung erlebte die Spieltheorie jedoch fundamentale Neuerungen und einen Paradigmenwechsel der zunächst außerhalb kleinerer Kreise unbemerkt blieb:

- Der von Nash (vgl. Nash 1953) aufgezeigte Weg, Kooperation auf individuelle strategische Entscheidungen zurückzuführen, wurde beherzigt. Ein beeindruckendes (Bei)Spiel für eine strategische Analyse von Verhandlungen ist das Verhandlungsmodell von Rubinstein (vgl. Rubinstein 1982, Osborne and Rubinstein 1990) mit alternierenden Geboten.
- Die Probleme privater Information wurden durch die Modellierung Bayesianischer Spiele (private Information resultiert aus einem allgemein bekannten, fiktiven Zufallszug, über dessen Ergebnisse die Spieler nur partiell informiert werden) spieltheoretisch erfassbar (vgl. Vickrey 1961; Harsanyi 1967-8).
- Durch verfeinerte Gleichgewichtsbegriffe (vgl. wiederum Selten 1965; Selten 1975, sowie Kreps and Wilson 1982) konnten sequentielle Spiele mit privater Information, die häufig über eine Vielzahl an Gleichgewichten verfügen, mehr oder minder eindeutig gelöst werden. Trotz institutioneller Komplexität der Spiele sind daher informative Schlussfolgerungen möglich (vgl. zu einem wegweisenden Stufenspiel, Selten 1973).
- Mit ihrem “Siegeszug” in der theoretischen Industrieökonomik wurde die (nicht-kooperative) Spieltheorie zum Handwerkzeug fast aller (an formalen Analysen interessierten) Wirtschaftstheoretiker. Die Bezeichnung “Spieltheoretiker” sollte daher heute vermieden werden, da fast alle Wirtschaftstheoretiker mehr oder minder mit spieltheoretischen Methoden vertraut sind bzw. auf bestimmten Ergebnissen und Einsichten aufbauen, die sich nur spieltheoretisch rechtfertigen lassen.

In Anbetracht der Tatsache, daß die Spieltheorie in vieler Hinsicht heute die vorherrschende Methodik in den Wirtschaftswissenschaften ist, erscheint es müßig, ihre diesbezüglichen Anwendungen zu skizzieren. Wir kommentieren daher nur aus dem hier gegebenen Anlaß bestimmte Gründe, warum die kooperative Spieltheorie, die – abgesehen von der Theorie der 2-Personen-Nullsummenspiele – John von Neumann und Oskar Morgenstern besonders am Herzen lag, selbst heute noch nicht in dem Ausmaß zur Anwendung gekommen ist, wie man

es langfristig erhoffen darf. Die Anwendung kooperativer Spieltheorie könnte durch folgende Aspekte verstärkt werden:

- Die Wertkonzepte (Shapley, 1953; Schmeidler, 1969) der kooperativen Spieltheorie ermöglichen eine axiomatisch fundierte Kostenträgerrechnung (vgl. Littlechild 1975, Young 1994).
- Die Reichhaltigkeit strategischer Marktmodelle und ihrer Implikationen könnte ein Interesse an robusteren Vorhersagen durch die Analyse als kooperative Spiele (deren Lösungen nicht von subtilen strategischen Details abhängen) hervorrufen (vgl. Aumann 1997).
- Nicht-materielle Motivationen, wie zum Beispiel das Streben nach fairen Ergebnissen, lassen ebenfalls die Relevanz strategischer Details fragwürdig werden. Im Ultimatumspiel impliziert „materielle Rationalität“ zum Beispiel, daß Spieler 1 nur ein minimales Angebot unterbreitet. Experimentell werden jedoch am häufigsten Gleichaufteilungen im Sinne von $a = 1/2$ beobachtet.
- Eingeschränkt rationale Entscheider leiten ihr Verhalten anhand vereinfachender Modelle ab. Ihre mentalen Modelle scheinen eher der Darstellung als kooperatives Spiel zu entsprechen (wie sich moralische Akteure insgesamt gern von „Wir-Intentionen“ leiten lassen). Es ist beispielsweise die charakteristische Funktion $v(\cdot)$ des Ultimatumspiels durch $v(\{i\}) = 0$ für $i = 1, 2$ und $v(\{1, 2\}) = 1$ beschrieben. Wurde das Ultimatumspiel als symmetrisches kooperatives Spiel kognitiv erfasst, so ist die häufig beobachtete Gleichaufteilung im Sinne von $a = 1/2$ offensichtlich.

Man kann daher nicht ausschließen, daß es in Zukunft zu einer weitergehenden Anwendung der kooperativen Spieltheorie in den Wirtschaftswissenschaften kommt. Insgesamt bleibt festzuhalten, daß die Wirtschaftswissenschaften von allen „normativ-idealisierenden“ sozialwissenschaftlichen Disziplinen am stärksten spieltheoretisch geprägt sind und daß die spieltheoretischen Methoden und Anwendungen sich als fester Bestandteil der theoretischen Wirtschaftswissenschaften etabliert haben. Wir begrüßen dies, auch wenn wir eine fundamentale Reserve gegenüber der normativen Sozialtheorie insgesamt besitzen. Wenden wir uns daher abschließend der Frage nach dem Status normativer im Verhältnis zu deskriptiver Theorie nochmals zu.

10. Spieltheorie und reales Verhalten

Bis auf gelegentliche Hinweise wurde bislang nur die normative Ausrichtung in den Sozialwissenschaften diskutiert. Kann die Spieltheorie über die Anwendung als rational choice approach hinaus auch zur Erklärung sozialen Verhaltens beitragen? Wie schon mehrfach angedeutet, schließen die viel zu anspruchsvollen Rationalitätsanforderungen der Spieltheorie (aber auch der Entscheidungstheorie im Sinne von 1-Personen-Spielen) es aus, daß reale Entscheider ihr Verhalten gemäß den von der Spieltheorie postulierten Optimierungskalkülen generieren. Das schließt natürlich nicht aus, daß in einfach strukturierten Spielen reales und rationales Verhalten übereinstimmen: Im Bimatrixspiel

	s_2	s_2^1	s_2^2
s_1			
s_1^1		100, 100	0, 0
s_1^2		0, 0	1, 1

mit den (strikten Gleichgewichten $s^1 = (s_1^1, s_2^1)$ und $s^2 = (s_1^2, s_2^2)$) kann man nur durch Anwendung einer Gleichgewichtsauswahltheorie die offenbar eindeutige Lösung s^1 auswählen. Es ist jedoch keine gewagte Vermutung, s^1 auch als häufigstes Resultat in einem entsprechenden Experiment vorherzusagen. Reale Individuen werden, ohne selbst Spieltheorie anzuwenden, tatsächlich auf diese Lösung „verfallen“.

Obwohl sich eine weitergehende direkte Übertragung spieltheoretischer Prognosen auf reales Verhalten jenseits der einfachsten Fälle meistens verbietet, sind indirekte Befruchtungen auch deskriptiv orientierter Theorien zu erwarten:

- In der Regel werden rationale und eingeschränkt rationale Entscheider auf institutionelle Aspekte qualitativ ähnlich reagieren. Erhöhen sich zum Beispiel in einem Betrieb die (Grenz)Kosten pro Stück, so sollte rational die neue gewinnmaximierende Menge (bei einer inneren Lösung gilt dann: Grenzerlös = Grenzkosten) abgeleitet werden, die auf einem höheren Verkaufspreis basiert. Ein eingeschränkt rationaler Entscheider mit einem bestimmten Gewinnanspruch kann seine Anspruchserfüllung durch die Kostenerhöhung in Frage gestellt sehen und analog mit einer Preiserhöhung reagieren (ohne daß ihm das empirisch dubiose Konzept von Grenzerlös und Grenzkosten bewusst ist).
- Die Spieltheorie hat mit ihrer Offenheit für reichhaltige Modellierungen viele institutionelle Aspekte, wie die Privatheit der Information, der sequentiellen Struktur von Entscheidungen, die Wiederholung der Interaktion usw., in das Bewusstsein der Sozialwissenschaftler gerückt und damit zu fruchtbaren neuen Fragen geführt. Die in den vorherigen Abschnitten skizzierten Anwendungsmöglichkeiten sollten dies hinreichend dokumentieren.
- Die spieltheoretischen Vorhersagen sind fast immer die Markierungssteine (benchmarks), von denen ausgehend das reale Verhalten betrachtet wird. Dies gilt zum Beispiel fast durchweg für das von Kagel und Roth herausgegebene Handbook of Experimental Economics (Kagel and Roth 1995). Verdeutlicht wird das insbesondere auch durch die allgemeine Rede von Anomalien (Abweichungen von der Norm rationalen Handelns; vgl. generell zu Anomalien Thaler 1992) oder Verzerrungen in der kognitiven Wahrnehmung und der Informationsverarbeitung. So wird beispielsweise auch die Ablehnung positiver Angebote im Ultimatumspiel als Anomalie betrachtet, obwohl in solchen Verteilungskonflikten ein starkes Interesse an fairen Ergebnissen zu erwarten und auch typisch ist.
- Bei ex post-Betrachtungen realer Entscheidungen mit ungünstigen Handlungserfolgen (zum Beispiel einer verfehlten Firmenübernahme) ist man häufig weniger an den Gründen der Fehlentscheidung interessiert (man hat die übernommene Firma schlicht und einfach überbewertet), sondern daran wie man besser oder sogar rational hätte entscheiden sollen

(zum Beispiel indem man die Möglichkeit von poison pills – konditionale Verträge, die der übernehmenden Firma schaden – künftig in sein Kalkül einbezieht).

Vielfach werden auch verhaltenstheoretisch motivierte Konzepte als spieltheoretisch bezeichnet. Man mag das als reine Definitionsfrage abtun. Damit verwischen sich jedoch die Grenzen zwischen der normativen und der deskriptiven Fragestellung. Fast alle Entscheidungssituationen sind dann Spiele und alle möglichen Konzepte Lösungskonzepte. Spieltheorie wäre dann mit Sozialwissenschaft gleichzusetzen. Ob Oskar Morgenstern und John von Neumann das wollten?

Literaturverzeichnis

- Alchian, A. A. (1950). "Uncertainty, Evolution, and Economic Theory." Journal of Political Economy **Vol. 58**: 211 ff.
- Aumann, R. (2000). Collected Papers. Cambridge, Mass., The MIT Press.
- Baird, D. G., R. H. Gertner, et al. (1994). Game theory and the law. Cambridge and London, Harvard University Press.
- Bicchieri, C. (1992). Knowledge -Dependent Games: Backward Induction. Knowledge, Belief and Strategic Interaction. C. Bicchieri and M. L. Dalla Chiara. Cambridge, Cambridge University Press.
- Braithwaite, R. B. (1969/1955). Theory of Games as a Tool for the Moral Philosopher. Cambridge et al., Cambridge University Press.
- Brams, S. J. (1980). Biblical Games. A Strategic Analysis of Stories in the Old Testament. Cambridge Mass, The MIT Press.
- Brams, S. J. (1983). Superior Beings. If They Exist How would We Know? Berlin et al., Springer Verlag.
- Brennan, H. G. and J. M. Buchanan (1985). The Reason of Rules. Cambridge, Cambridge University Press.
- Buchanan, J. M. (1975). The Samaritan's Dilemma. Altruism, Morality and Economic Theory. E. S. P. (ed.). New York, Russell Sage Foundation: 71 ff.
- Buchanan, J. M. and G. Tullock (1962). The Calculus of Consent. Ann Arbor, University of Michigan Press.
- Burger, E. (1966). Einführung in die Theorie der Spiele. Berlin, De Gruyter.
- Dixit, A. K. and B. J. Nalebuff (1995). Spieltheorie für Einsteiger - Strategisches Know-how für Gewinner. Stuttgart, Schäffer-Poeschel Verlag.
- Eigen, M. and R. Winkler (1981). Das Spiel. München, Piper.
- Frey, B. S. (1997). Not Just For the Money. An Economic Theory of Personal Motivation. Cheltenham, Edward Elgar.
- Gauthier, D. P. (1986). Morals by Agreement. Oxford, Oxford University Press.
- Güth, W. and H. Kliemt (1998). "Towards a Fully Indirect Evolutionary Approach." Rationality and Society **10**(3): 377-399.
- Güth, W., R. Schmittberger, et al. (1982). "An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining." Journal of Economic Behavior and Organization **3**: 367-388.
- Hampton, J. (1988). Hobbes and the Social Contract Tradition. Cambridge, Cambridge University Press.
- Hayek, F. A. v. (1973-79). Law, Legislation and Liberty: A New Statement of the Liberal Principles of Justice and Political Economy. London and Henley, Routledge & Kegan Paul.
- Hoerster, N., Ed. (1985). Glaube und Vernunft. Texte zur Religionsphilosophie. Stuttgart, Philipp Reclam jun.
- Hofstadter, R. (1969). Social Darwinism and American Thought. New York.
- Hume, D. (1739/1978). A treatise of human nature. Oxford, Clarendon.
- Hume, D. (1976). Die wertlose Fiktion vom Gesellschaftsvertrag. Klassische Texte der Staatsphilosophie. N. Hoerster. München: 163 ff.
- Junne, G. (1972). Spieltheorie in der internationalen Politik. Düsseldorf, Bertelsmann Universitätsverlag.
- Keller, R. (1984). "Bemerkungen zur Theorie sprachlichen Wandels." Zeitschrift für Germanistische Linguistik **12**: 63 ff.
- Kliemt, H. (1980). Zustimmungstheorien der Staatsrechtfertigung. Freiburg und München.
- Lewis, D. (1975). Konventionen. Berlin, De Gruyter.
- Lumsden, C. J. and E. O. Wilson (1981). Genes, Mind, and Culture. The Coevolutionary Process. Cambridge, Harvard University Press.

- Maynard Smith, J. and G. R. Price (1973). "The Logic of Animal Conflict." Nature **246**: 15-18.
- McClennen, E. F. (1990). Rationality and Dynamic Choice - Foundational Explorations. New York / Port Chester / Melbourne / Sydney, Cambridge University Press.
- Mueller, D. C. (1989). Public Choice II. Cambridge, Cambridge University Press.
- Nelson, R. R. and S. G. Winter (1982). An Evolutionary Theory of Economic Change. Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Nozick, R. (1976). Anarchie, Staat und Utopia. München, Moderne Verlagsgesellschaft.
- Okada, A. and H. Kliemt (1991). Anarchy and Agreement - A Game Theoretic Analysis of Some Aspects of Contractarianism. Game Equilibrium Models II. Methods, Morals, and Markets. R. Selten. Berlin et al., Springer: 164-187.
- Olson, M. (1968). Die Logik kollektiven Handelns. Tübingen, Mohr.
- Rawls, J. (1971). A Theory of Justice. Oxford, Oxford University Press.
- Roth, A. E. and J. Erev (1995). "Learning in extensive form games: experimental data and simple dynamic models." Games and Economic Behavior **8**(1): 164-212.
- Schelling, T. C. (1977/1960). The Strategy of Conflict. Oxford, Oxford University Press.
- Selten, R. (1965). "Spieltheoretische Behandlung eines Oligopolmodells mit Nachfrageträgheit." Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft **121**: 301-324 and 667-689.
- Selten, R. (1975). "Reexamination of the Perfectness Concept for Equilibrium in Extensive Games." International Journal of Game Theory **4**: 25-55.
- Selten, R. (1983). "Evolutionary Stability in Extensive Two-Person games." Mathematical Social Sciences **5**: 269-363.
- Selten, R. (1988). "Evolutionary Stability in Extensive Two-Person Games - Correction and Further Development." Mathematical Social Science **16**: 223-266.
- Suber, P. (1990). The Paradox of Self-Amendment. New York, Peter Lang.
- Taylor, M. (1976). Anarchy and Cooperation. London u. a.
- Taylor, M. (1987). The Possibility of Cooperation. Cambridge, Cambridge University Press.
- Vickrey, W. (1948). "Measuring marginal utility by reactions to risk." Econometrica **13**: 319-333.
- Vickrey, W. (1961). "Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders." Journal of Finance **16**: 8-37.
- Weibull, J. W. (1995). Evolutionary Game Theory. Cambridge, MA / London, ENG, MIT Press.
- Wicksell, K. (1896). Finanztheoretische Untersuchungen. Jena, Gustav Fischer.
- Witt, U. (1987). Individualistische Grundlagen der evolutionären Ökonomik. Tübingen, Mohr.
- Zagare, F. C. (1987). The Dynamics of Deterrence. Chicago / London, The University of Chicago Press.
- Albert, H. (1985). Zur Glaubensproblematik bei Pascal, James und Kierkegaard. Glaube und Vernunft. Texte zur Religionsphilosophie. N. Hoerster. Stuttgart, Reclam: 318-327.
- Aumann, R. (1997). On the State of the Art in Game Theory. Understanding Strategic Interaction. W. Albers, W. Güth, P. Hamerstein, B. Moldovanu and E. Van Damme. Berlin et al., Springer: 8-34.
- Buchanan, J. M. (1965). "Ethics, Expected Values, and Large Numbers." Ethics **LXXVI**: 1-13.
- Bush, R. and F. Mosteller (1955). Stochastic models for learning. New York, Wiley.
- Chertkoff, J. M. (1971). "Coalition Formation as a Function of Differences in Resources." Journal of Conflict Resolution **15**: 371-383.
- Debreu, G. and H. E. Scarf (1963). "A Limit Theorem on the Core of an Economy." International Economic Review **4**: 235-246.

- Edgeworth, F. Y. (1881). Mathematical Psychics: An Essay on the Application of Mathematics to the Moral Sciences. London, C. Kegan Paul.
- Gandenberger, O. (1961). Die Ausschreibung. Heidelberg, Quelle & Meyer.
- Güth, W. and S. Güth (2000). "Morality Based on Cognition in Primates." Journal of Consciousness Studies **7**(1-2): 43-46.
- Güth, W. and S. Güth (2000). "Rational Deliberation Versus Behavioral Adaptation." Journal of Consciousness Studies **7**(1-2): 305-308.
- Güth, W. and A. Ockenfels (2000). "Evolutionary Norm Enforcement." Journal of Institutional and Theoretical Economics **156**(2): 335-347.
- Güth, W., R. Schmittberger, et al. (1982). "An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining." Journal of Economic Behavior and Organization **3**: 367-388.
- Güth, W., M. Strobel, et al. (1997). Equilibrium Selection in Linguistic Games: Kial Ni (Ne) Parolas Esperanton? Understanding Strategic Interaction. W. Albers, W. Güth, P. Hamerstein, B. Moldovanu and E. Van Damme. Berlin et al., Springer.
- Harsanyi, J. C. (1967-8). "Games with Incomplete Information Played by Bayesian Players." Management Science **14**: 159-82, 320-34, 486-502.
- Harsanyi, J. C. (1977). Rational Behavior and Bargaining Equilibrium in Games and Social Situations. Cambridge, Cambridge University Press.
- Harsanyi, J. C. (1986). Individual Utilities and Utilitarian Ethics. Paradoxical Effects of Social Behavior. A. Diekmann and P. Mitter. Heidelberg und Wien, Physica: 1-12.
- Harsanyi, J. C. and R. Selten (1988). A General Theory of Equilibrium Selection in Games. Cambridge, Mass., MIT Press.
- Kagel, J. H. and A. E. Roth, Eds. (1995). The Handbook of Experimental Economics. Princeton, Princeton University Press.
- Kalkofen, B. (1989). Gleichgewichtsauswahl in strategischen Spielen - Theorie und Anwendungen. Heidelberg, Physica-Verlag.
- Keller, R. (1990). Sprachwandel. Tübingen, Francke.
- Komorita, S. S. (1974). "A Weighted Probability Model of Coalition Formation." Psychological Review **81**: 242-256.
- Kreps, D. M. and R. Wilson (1982). "Reputation and Imperfect Information." Journal of Economic Theory **27**: 253-279.
- Littlechild, S. C. (1975). "Common Costs, Fixed Charges, Clubs and Games." Review of Economic Studies **42**: 117-124.
- Morris, C. W. (1973). Zeichen, Sprache und Verhalten. Düsseldorf, Patmos.
- Nash, J. (1953). "Two-person Cooperative Games." Econometrica **21**: 128-140.
- Ordeshook, P. C. (1986). Game Theory and Political Theory. An Introduction. Cambridge et al., Cambridge University Press.
- Osborne, M. J. and A. Rubinstein (1990). Bargaining and Markets. San Diego et al., Academic Press.
- Roth, A. E. (1995). Bargaining Experiments. The Handbook of Experimental Economics. J. H. Kagel and A. E. Roth. Princeton, Princeton University Press: 253-348.
- Rubinstein, A. (1982). "Perfect Equilibrium in a Bargaining Model." Econometrica **50**: 97-109.
- Selten, R. (1965). "Spieltheoretische Behandlung eines Oligopolmodells mit Nachfrageträgheit." Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft **121**: 301-324 and 667-689.
- Selten, R. (1973). "A Simple Model of Imperfect Competition Where 4 Are Few and 6 Are Many." International Journal of Game Theory **2**: 141-161.
- Selten, R. (1975). "Reexamination of the Perfectness Concept for Equilibrium in Extensive Games." International Journal of Game Theory **4**: 25-55.
- Selten, R. and J. Pool (1991). The Distribution of Foreign Language Skills as a Game Equilibrium. Game Equilibrium Models. R. Selten. Berlin et al., Springer. **IV**: 64-87.

- Shubik, M. (1959). Edgeworth Market Games. Contributions to the Theory of Games. R. D. Luce and A. W. Tucker. Princeton, Princeton University Press. **4**.
- Thaler, R. (1992). The Winner's Curse. Paradoxes and Anomalies of Economic Life. New York, Free Press.
- Vanberg, V. (1975). Die zwei Soziologien. Individualismus und Kollektivismus in der Sozialtheorie. Tübingen, Mohr.
- Vickrey, W. (1961). "Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders." Journal of Finance **16**: 8-37.
- Wärneryd, K. (1993). "Cheap Talk, Coordination, And Evolutionary Stability." Games and Economic Behavior **5**: 532-546.
- Young, H. P. (1994). Cost Allocation. Handbook of Game Theory. r. J. Aumann and S. Hart. Amsterdam et al., Elsevier. **2**: 1193-1235.
- Young, P. (1998). Individual Strategy and Social Structure. Princeton, Princeton University Press.